



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2015:23

Undersökning av SCA Skogs gallrade skogar med hjälp av laserskanning

*Investigation of SCA Skog thinned forests with help of
laser scanning*



Hampus Ekskär

Undersökning av SCA Skogs gallrade skogar med hjälp av laserskanning

Investigation of SCA Skog thinned forests with help of laser scanning

Hampus Ekskär

Handledare: Lars Norman, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2015

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet

Serienummer: 2015:23

Omslagsbild: Fotograf Hampus Ekskär

Nyckelord: gallringsuppföljning, gallring, inventeringsmetoder



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Förord

I Skogsmästarprogrammet skall ett kandidatarbete på C-nivå skrivas vilket motsvarar 15 högskolepoäng. Detta kandidatarbete undersöker hur tillstånden är i SCA Skog AB:s gallrade skogar, kvarvarande skog och eventuella effekter av för hårt uttag vid gallring.

Jag skulle vilja tacka SCA Skog AB som är uppdragsgivare till arbetet, Magnus Andersson som hjälp med idé till arbetet, material och som bollplank, Mike Bobik på SCA skog i Sundsvall för hjälp med datasupport, Staffan Stenhag studierektor på SLU för hjälp med forskningsmetodik, samt Lars Norman som var min handledare på SLU, Skogsmästarskolan Skinnskatteberg.

Skinnskatteberg mars 2015

Hampus Ekskär

Innehåll

Förord.....	iii
1. ABSTRACT.....	1
2. INLEDNING.....	3
2.1 Flygburen laserskanning.....	3
Historik.....	3
Metoder.....	4
Olika Speglar.....	5
Viktiga faktorer.....	6
Reflektion och detektionströskel.....	6
Laserskanningens tillförlitlighet.....	6
2.2 Gallring.....	7
Beståndsvårdande åtgärd.....	7
Gallringstidpunkt.....	7
Gallringstyrka.....	7
Gallringsform.....	8
Effekten av gallring.....	8
Stickvägar.....	9
Skador i gallringar.....	9
Gallringsmallen.....	10
Uppföljning.....	10
3. MATERIAL OCH METODER.....	11
3.1 Bestånd med gjorda uppföljningar.....	11
3.2 Gallrade skogar åren 2011, 2010 och 2009.....	12
4. RESULTAT.....	13
4.1 Sammanställningar bestånd med uppföljningar.....	13
Bestånd med uppföljning gjorda 2008 och 2011.....	13
4.2 Sammanställningar gallrade skogars tillstånd.....	18
Bestånd gallrade år 2011.....	19
Bestånd gallrade år 2010.....	20
Bestånd gallrade år 2009.....	22
5. DISKUSSION.....	25
Bestånd med uppföljningar.....	25
Gallrade bestånd år 2011, 2010 och 2009.....	25
Slutsats och framtida forskning.....	26

Möjliga felkällor.....	27
6. SAMMANFATTNING	29
7. REFERENSLISTA	31
7.1 Publikationer.....	31
7.2 Internetdokument.....	32
8. BILAGOR	33

1. ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the conditions of SCA Skog AB's thinned forests. A number of sites located in Västerbotten and Ångermanland were examined by using laser scanning to see the status of the forests after thinning. The study also investigates how well field surveys and laser scan figures are consistent.

The report shows that high thinning grade will result in growth loss. Thinned stands of high thinning grade are more vulnerable to windthrow, this together with fertilised forests can be the cause of major damage.

2. INLEDNING

Under mitt sommarjobb sommaren 2014 fick jag min första kontakt med laserskanning. Verktuget var mycket intressant och till stor nytta vid mitt arbete. När mitt kandidatsarbete skulle skrivas året därpå så tyckte jag det skulle vara intressant att lära mig mera om detta och lära mig använda laserdata. Kontakt togs med Magnus Andersson skogskötselspecialist på SCA skog i Sundsvall som hade idéer om ett examensarbete där just laserskanning skulle användas. Ett möte genomfördes för att bestämma syfte och frågeställningar. En arbetsplan för arbetet upprättades.

Syftet med denna undersökning är att undersöka tillståndet i SCA Skogs AB:s skogar efter gallring. Kvalitén på gallringar har stor betydelse på framtida produktion och för stort uttag kan skapa stora tillväxtförluster (Agestam, 2009). Min hypotes är att laserskanning kommer vissa säkrare resultat än vad subjektiv inventering har gjort. Med hjälp av laserskanning undersöks bestånd och resultatet kommer att visa kvalitén på de gallrade skogarna inom SCA:s förvaltningar Västerbotten och Ångermanland. I undersökningen visas också data från fältuppföljningar och dessa jämförs mot laserskanningens siffror för att se hur stora de eventuella skillnaderna är. Några av de bestånd där för stort uttag skett kommer att undersökas noggrannare för att försöka beräkna vilka eventuella tillväxtförluster som sker.

Jag skall alltså med hjälp av laserskanning undersöka tillstånden på SCA Skogs gallringar och främst då grundyta och virkesförråd efter gallring.

2.1 Flygburen laserskanning

Historik

Den första lasern konstruerades redan på 1960 talet. Laser används inom flera olika områden i dagens samhälle såsom skrivare, cd- och dvd-läsare. Grunden med laserskanning i skogsbruket är att man med hjälp av en laser skannar av ett område och får skogliga data efter denna skanning. Laserljus är enfärgade ljusvågor som är i fas med varandra. Lasern monteras på antingen ett flygplan eller helikopter som sprider ut pulserna över stora områden. Pulsen sänds ut från lasern som sedan reflekteras tillbaka från vegetation och mark till sensorn. Sensorn räknar ut hur lång tid det tog för pulsen att gå från sensorn till målet och sedan tillbaka igen. Med denna metod får man då olika skikt som man kan använda sig av. (Nordkvist & Olsson, 2013).

LiDAR benämns den metod där man använder sig av laser för att mäta avstånd och är en förkortning av engelskans "Light Detection and Ranging". När ljusets hastighet är känd sker en uträkning enligt följande: $S = v \cdot t / 2$. S är då avståndet från sensorn till det träffade målet, v är hastigheten ljuspulsen har och t är tiden som det tar för ljuspulsen att gå ned, träffa ett objekt och sedan återvända till sensorn. Detta gör att tiden räknas två gånger, ned till marken och sedan tillbaka.

Divisionen i uträkningen är just på grund av detta och därför dividerar man med två för att bara få tiden till marken (Nordkvist & Olsson, 2013).

På 1970-talet började man med försök att mäta trädhöjden i bestånd med hjälp av laserskanning. Dessa försök gjordes i dåvarande Sovjetunionen och strax därefter gjordes försök i både Kanada och i USA (Naasset m.fl., 2004).

FOA (Försvarets Forskningsanstalt) och SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) gjorde 1991 gemensamt en studie om flygburen laserskanning för skogsinventering som fick god respons (Nordkvist & Olsson, 2013). Dessa försök var de första i Sverige. Laserutrustningen var då monterad på helikopter. Genom dessa försök kunde man se att med hjälp av laserskanning kunde man mäta både trädhöjder och virkesförråd. Resultatet visade att man underskattade höjden mellan 2,1 - 3,7 meter (Naasset m.fl., 2004). En brist man kunde se i dessa försök var att noggrannheten i positioneringen inte var särskilt god. Utveckling kring detta medförde att de kommersiella laserskanningssystemet för flygregistrering utvecklades i mitten på 1990-talet. Systemets GPS hade utvecklats så att man nu kunde mäta positioneringen med 0,5 meters noggrannhet och bättre (Nordkvist & Olsson, 2013).

År 1995 gjorde Erik Naasset ett försök i Norge med att montera laserskanningsutrustning på flygplan för att mäta skogsbestånd. Resultatet var lyckat och detta försök ligger till grunden för den arealbaserade metoden som används idag (Nordkvist & Olsson, 2013).

Regeringen gav lantmäteriet ett uppdrag att skapa en ny nationell höjdmodell (Lysell, 2010). Uppdraget startade år 2009 och beräknas vara klart år 2015 (Lindberg & Holmgren, 2014). Det var miljödepartementet som framlade ett mål att skapa en tätare och noggrannare nationell höjddatabas än den som tidigare fanns. De material som framtagits i Nationella Höjdmodellen (NH) har även blivit användbart för Skogsbruket (Lysell, 2010).

Genombrottsåret för storskalig användning av flygburen laserdata i Sverige brukar sägas vara år 2011. Detta år startade Bergvik ett projekt att skanna hela sitt skogliga innehav med laser. Så från 1991 när de första försöken startade tills den fullskaliga användningen i Sverige 2011 tog det 20 år (Nordkvist & Olsson, 2013).

Lantmäteriet skriver i deras nyhetsbrev "höjd och bild" att det idag återstår cirka 50 000 km² innan hela Sveriges yta är skannad (Kallur Jäderkvist & Lysell, 2014)

Metoder

Man kan säga att det finns två olika inriktningar på flygburen laserskanning. Dessa kallas "singel tree" metoden och "area metoden". Singel tree metoden eller enskilda trädmetoden som den heter på svenska är en metod som gör att enskilda träd kan urskiljas. Laserskanning med mer än 5 pulser per m² gör det

möjligt att inventera enskilda träd. Segmentering av data görs och då skapas oftast en ytmodell och olika toppar identifieras. När dessa toppar identifierats så delar man in området runt dessa, segmenterar. Enskilda trädmetoden ger mer information om skogen än areabaserade metoden fast högre punkttäthet behövs för framställning av enskilda träd.

Den areabaserade metoden skiljer sig från enskilda trädmetoden. Areametoden ger data från bestämda ytor till exempel 10*10 meter stora rasterytor. Informationen i dessa ytor är medelvärden av virkesförråd, DGV, HGV och GY mm. Ett område skannas först med flygburen laserskanning. Därefter behövs referensdata från inventeringar gjorda i fält. En vanlig metod för dessa är att använda sig av en multipel regression, denna metod beskriver sambandet med matematiska modeller. Areametoden fungerar med låg punkttäthet per m². En punkttäthet på endast 0,5 punkter per m² räcker. Men istället behövs mycket fältdata, minst 30 provytor behövs för skattningar vid multipel regression (Lindberg & Holmgren, 2014, Nordkvist & Olsson, 2013).

Olika Speglar

Skanning används för att skanna av större arealer. Genom att montera en skanningsmekanism som sprider ut pulserna som mäter avståndet från flyg till träffat objekt kan stora områden avtäckas. Detta gör man genom att montera speglar som sprider ut laserpulserna i stråk. (Nordkvist & Olsson, 2013).

Det finns olika typer av speglar, osillerande och roterande speglar. Osillerande är speglar som rör sig fram och tillbaka vilket skapar ett mönster som går från en punkt till en annan och tillbaka igen. Ett sickmönster bildas eftersom flygplanet rör sig framåt. De flesta punkterna blir placerade i ytterkanten då spegeln saktar in för att vända (Wehr, 2009).

Roterande speglar finns i två olika lösningar, Palmer scanner och Polygon scanner heter dessa på engelska. De fungerar genom att speglarna sätts på en axel som roterar, detta medför att pulserna som skickas ut sprids över marken i olika mönster beroende på vilken spegel man använder. Palmerskannern sprider ut ljuspulserna i ett cirkelmönster. En fördel med denna skanner och en osillerande skanner är att den inte behöver sakta ned och accelerera. En jämn hastighet medför en jämn utspridning av pulserna (Wehr, 2009).

Polygonscanner är också en roterande skanner. Spegeln är då kantig vilket medför att pulserna sprids ut. Pulserna blir inte som med palmerskannern spridda i ett cirkelmönster utan får istället pulser skickade i elliptiska mönster. På samma sätt som Palmerskannern har Polygonkannern fördelen med att den inte behöver stanna och accelerera och utspridningen av pulser blir jämn (Wehr, 2009).

Viktiga faktorer

Höjden spelar en viktig roll vid flygburen laserskanning. Vid skanning med flygmonterade skannrar flyger man på en höjd från några hundra meter till någon kilometers höjd (Wehr, 2009). Man eftersträvar att ha så hög pulsfrekvens som möjligt vid skanning för att få hög täckning av ytan och säkrare resultat. Det har varit en snabb och effektiv utveckling på detta område. Från att de tidiga skannrarna sände ut cirka 2000 pulser per sekund har idag utvecklingen lett till att skannrarna idag sänder ut flera hundratusen pulser per sekund. En svårighet i detta är att en hög pulsfrekvens gör att pulsen som skickas ut inte hinner tillbaka till sensorn innan nästa puls har skickats ut. Detta sker vid flygning på hög höjd och hög frekvens. System har därför utvecklats för att klara hantera flera pulser åt gången (Nordkvist & Olsson, 2013).

En annan viktig faktor är vilken öppningsvinkel man använder. Ofta används en öppningsvinkel på $\pm 20^\circ$ vid skanning av markmodellen och en öppningsvinkel på $\pm 15^\circ$ vid skanning av skog. Dessa två faktorer påverkar tillsammans hur stor stråkbredden blir. Man vill ha hög höjd, stor öppningsvinkel och hög hastighet på flygobjektet för att få en så låg kostnad som möjligt. För desto snabbare det går att skanna av områden desto billigare blir det (Nordkvist & Olsson, 2013).

Reflektion och detektionströskel

När laserpulsen färdas mot marken och träffar ett objekt reflekteras den tillbaka till sensorn. Men endast en del av en enskild puls skickas tillbaka direkt i kronan på ett träd, resten fortsätter ned till marken innan den också reflekteras tillbaka. Detta gör då att man med hjälp av den pulsen kan bestämma trädhöjden mellan krona och mark. För att vegetation skall registreras programmerar man sensorn att registrera pulser som inte är så starka, då sätter man en detektionströskel och för att returpulser skall registreras måste den vara högre än tröskelvärdet. Detta gör att man kan se skillnad på vegetation och mark. Höjdfördelningen hos returerna är ofta lägre än den verkliga trädhöjden. Detta beror på att laserpulserna färdas en bit ned i trädkronan innan den reflekteras tillbaka och för att pulserna träffar inte bara toppen på trädet utan även sidogrenarna. Laserpulser ger inte lika bra reflektion när den träffar vegetation som är halvt genomträngande som när den träffar hårda ytor (Nordkvist & Olsson, 2013).

Laserskanningens tillförlitlighet

Den subjektiva inventering som idag används i Sverige vid fältinventering ger ett medelfel mellan 15-25 % av stamvolymen och grundytan. Den grundytavägda medelhöjden har ett medelfel på 10 % (Holmgren, 2004). Olika studier har gjorts för att undersöka hur tillförlitliga siffrorna är från laserskanning. Holmgren (2004) gjorde en undersökning hur väl medelhöjd, grundyta och stamvolymen från laserskanning stämde överens med den verkliga skogen. Han kom fram till att medelhöjden hade ett medelvärde av standardavvikelsen på 3-6 %, grundytan ett på 10-17 % och stamvolymen ett på 11-19 %. En annan studie av Naesset (2001) gjord i Norge visar också på detsamma, grundytans medelvärde av standardavvikelsen var 9-12 % och stamvolymens 11-14 %. Bergvik skog utförde ett försök som visade att laserdata skattade höjden bra och endast ett medelfel

på 1-5 %, medeldiameterens medelfel var 8-13 %. Stamantalet per hektar var det som gav mest variation, resultatet visade ett medelfel mellan 6-33 % (Brethvad & Iversen, 2012). Laserskanningens inventeringar visar ofta bättre säkerhet av mätvärdena än vad subjektiv inventering gör enligt dessa rapporter.

2.2 Gallring

Beståndsvårdande åtgärd

Gallring definieras som "beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke". Bestånd på bördiga marker där ståndortsindex är högt gallras oftast fler gånger än bestånd på icke bördiga marker (Agestam, 2009). I Skogsstyrelsens skogsstatistiska årsbok skriver de att åren 2012/2013 gallrades cirka 394 000 hektar. Under samma period skriver de att arealen för föryngringsavverkning var cirka 183 000 hektar (Christiansen, 2013).

Anledningen till att man gallrar är först och främst att förbättra skogens ekonomi på både lång och kort sikt men även att gynna olika resurser i skogen som till exempel miljöer, strukturer, naturvård och rekreationsskogar (Agestam, 2009).

Men som sagt är den vanligaste orsaken till gallring att öka avkastningen. Vid gallring när uttag av träd görs så förhindrar man att träden annars skall dö av konkurrens, det vill säga självgallras. Vid gallring kan man rikta in sig på träd med bra kvalitet för att gynna dessa och höja deras ekonomiska värde till föryngringsavverkningen. Vid uttag av träd så fördelar man tillväxtresurserna på de kvarvarande träden som gör att dessa gynnas. Vid gallring kan man gynna de biologiska värdena genom urval och utglesning (Agestam, 2009).

Gallringstidpunkt

Ett bestånd växer och dess tillstånd är bra till det vuxit till en höjd på mellan 10-15 meter. Då har skogen vuxit sig till en bra diameter så det är lönsamt att gallra men konkurrensen har också kommit. Det är just dessa faktorer som gör att man gallrar första gången vid denna höjd, en förstagallring. En liten variation mellan trädslagen är det, detta beroende på trädslagets tålighet till konkurrens. Tall (*Pinus sylvestris*) är ett pionjärträd som bör gallras tidigt för att minska konkurrensen. Så vid en höjd på 10 meter börjar ofta tallens konkurrens att påverka kvalitén i bestånden så gallring bör ske då. Granen (*Picea abies*) är mer tålig till konkurrens och klarar att växa till en högre höjd är tallen, en övre höjd på 12-15 meter är lämplig för en förstagallring (Agestam, 2009).

Gallringstyrka

Det vanligaste sättet att benämna gallringstyrkan är hur stor andel av grundytan som tas ut vid gallring. Att man valt att använda sig av grundytan och inte stamantalet är att grundytan har ett samband med volymen i beståndet. Vanligtvis så brukar gallringsstyrkan ligga mellan 20-40 %. Ett uttag på minde än 20 % medför en oekonomisk gallring och beståndet kommer att behöva gallras om igen. Skulle gallringstyrkan vara högre än 40 % påverkar man tillväxten på beståndet negativt och risken för stormskador ökar (Agestam, 2009). Wallentin

(2007) skriver om försök som har undersökt vilka effekter en hårt gallrad skog med uttag på 70 % av grundytan sex, fjorton och nitton år efter gallring har på tillväxten. Dessa tester visar signifikanta tillväxtförluster på 26 %, 23 % och 15 %.

Gallringsform

Gallringsform beskriver hur gallringen riktar sig på vilka träd som tas ut. Man brukar dela in gallringsformer i selektiv och schematisk gallring. Höggallring och låggallring är exempel på selektiv gallring då man gör ett aktivt val vilken stam man skall gallra. Låggallring inriktar sig på klena träd medan de grövre träden lämnas kvar. Ingen hänsyn tas till skadade eller träd med dålig kvalitet. Grundidén med denna metod är att de klenare träden inte skall utvecklas lika mycket som de grövre. Höggallring är då motsatsen till låggallring. De grövsta och oftast högsta träden tas ut vid gallringen. Eftersom det blir en större volym som gallras så blir inte avverkningskostnaderna lika höga som vid en låggallring vilket är fördelen vid höggallring (Agestam, 2009). Lageson (1997) skriver om försök som visar att höggallring ofta leder till uttaget i grundytan ofta blir för stort.

Schematisk gallring skilljer sig från selektiv gallring genom att inget urval av träd görs då. Istället hugger man då i rader eller koridorer. Schematisk gallring görs sällan i Sverige idag (Agestam, 2009).

SCA skriver att istället för att välja en strikt hög eller låggallring så rekommenderar de kvalitetsgallring där både grova och klena träd gallras bort. Denna metod riktar sig på att avveckla de träd med kvalitetsfel och gynna de träd med bra kvalitet. Gallringen skall rikta sig på krokiga, skadade och sjuka träd (SCA SKOG, 2014). Denna metod beskrivs också i skogsskötselserien av Agestam (2009) som fri gallring. Denna metod är samma som kvalitetsgallring och inriktar sig på kvalité och trädets placering i beståndet.

Med hjälp av gallringskvoten kan man bestämma vilket slags gallringsform man använt sig av. Man dividerar medeldiametern i uttaget med medeldiametern efter gallring. Får man en siffra högre än ett har en höggallring utförts, en siffra under ett är det en låggallring och en siffra runt 1 är kvalitetsgallring (Agestam, 2009).

Effekten av gallring

Den effekt som är mest tydlig efter gallring är diametertillväxtens ökning. Detta för att de kvarvarande träden efter gallring får mer utrymme och mindre konkurrens om växtnäringen i marken. Träden kommer att öka i tillväxt direkt efter gallring och kommer sedan att avta igen när de får mindre utrymme. Effekten av grova träd blir att vid slutavverkning så kommer man få ut mer timmer av träden och det kommer att bli en lägre avverkningskostnad (Agestam, 2009).

Höjdtillväxten skjuter inte iväg på samma sätt vid gallring som för diametertillväxten. Den är i stort sett opåverkad av gallringens effekter utan det

är boniteten som påverkar höjdtillväxten. Gallringens effekter på höjden har så liten påverkan så idag bortser man ifrån den (Agestam, 2009; Wallentin, 2007).

Många olika tester har gjorts för att se volymproduktionen efter gallring och alla visar detsamma, gallring sänker produktionen (Wallentin, 2007). En ogallrad skog har den högsta volymproduktionen i jämförelse med en gallrad. En ogallrad skog utnyttjar tillväxtresurserna bäst och vid ett ingrepp medför en minskning av utnyttjandet (Agestam, 2009). En viktig sak att ha klart för sig för att förstå inverkan på volymproduktionen vid gallring är begreppen totalproduktion och gagnvirkesproduktion. Totalproduktion är all trädvolym som finns i beståndet, även död skog. Gagnvirkesproduktionen är de virke och biomassa som finns i stammen. En ogallrad skog har stor volymproduktion medan en gallrad skog har ett en bättre produktion av gagnvirke (Wallentin, 2007).

Stickvägar

När man i sammanhang med gallring talar om grundyta så räknas grundytan i den kvarvarande skogen och i stickvägarna i beståndet. Vanligtvis så utgör stickvägarna 10-30 % av arealen vid gallring. Man kan säga att den areal som stickvägarna håller är slutavverkade. Man pratar om minst tre olika effekter som ger tillväxtminskning av stickvägarna. Kalyteeffekten är en av dessa. När träd tas bort i stickvägarna för att maskiner skall kunna transporteras så frigörs tillväxtresurser som de borttagna träden tidigare tog tillvara på. De kantträd intill stickvägen förmår inte att ta tillvara på dessa tillväxtresurser. Den andra effekten som ger tillväxtminskning är att man i stickvägen inte selektivt kan välja vilka stammar som skall gallras. Träd med fin kvalitet och tillväxtpotential kan tvingas att avvecklas för att maskinen skall kunna färdas. Körskador i stickvägen är också en faktor som minskar tillväxten. Tio år efter gallring kan tillväxtförlusterna bli mellan fem och femton kubikmeter beroende på hur stor påverkan skadorna efter körning blivit. Störst påverkan har skadorna på rötter från intilliggande träd (Wallentin, 2007).

Skador i gallringar

Den vanligaste skada som drabbar ett gallrat bestånd är storm. Risken för att ett bestånd skall drabbas av storm beror på en rad olika faktorer så som vinden i sig, ståndorten och beståndet. Det är svårt att påverka faktorerna för att klara stormar bra. Bäst går det att påverka beståndet. En liten del kan man påverka i ståndorten genom att dika så att trädens rötter kan förankra sig bättre. Vilket trädslag som finns i beståndet bestämmer också hur känsligt det är för stormar. Barrträd som tall och gran är mer känsliga för storm än lövträden. Mellan tall och gran så är granen mer känslig för stormar. Granen har oftast rotsystem som inte växer lika djup som hos tallen samt att granen oftast planteras på mer stormkänsliga marker. Gallring bör ske när trädens höjd inte är så hög, vid 10-12 meters höjd ökar risken för stormskador (Wallentin, 2007).

Snöskador förekommer också ofta i gallrade skogar. Det är upplegan i träden som vid tö blir blöt och tung vilket medför att toppen går av eller böjs. Risken för snöskador är störst i täta bestånd med klen diameter. I täta bestånd tävlar

träden för att nå hög höjd och få mest solljus. Tävlingen gör att höjdtillväxten prioriteras och diametertillväxten stannar av. Detta medför att trädet blir högt med smal diameter och känsligt för snöskador. Låggallringar klarar sig bättre än höggallringar mot snöskador. I låggallring tas de klena träden bort och beståndets medeldiameter höjs, grova träd klarar snöskador bättre (Wallentin, 2007).

Gallringsmallen

Gallringsmallen är en hjälp att med olika parametrar bedöma gallringsbehovet i skogsbestånd. Mallen kräver uppgifter om tätheten, utvecklingsfasen och ståndortsindex. Utvecklingsfasen beskrivs med ålder eller övre höjd, tätheten med stamantal eller grundyta. Vanligast använder man sig av grundytan som ingångsvärde i gallringsmallen eftersom den är lätt att mäta och har direkt samband med volymen i beståndet (Wallentin, 2007).

INGVAR (INteraktiv GallringsVARiator) är ett hjälpmedel utvecklat av Skogforsk tillsammans med SLU och Bitsvision som är ett beslutstöd för avverkningsplanering. Med hjälp av INGVAR kan man analysera effekter av gallring och röjning på kort och lång sikt. I INGVAR kan man se utveckling över tiden beroende på utgångsläget och gallringsmall. I INGVAR behöver man uppgifter som Trädslagsblandning, SI, totalålder, övre höjd, grundyta och stamantal. Läge i landet skall också anges. Att stamantalet skall anges skiljer sig från de vanliga gallringsmallarna där de oftast använder sig av endast grundytan (Länk A).

Uppföljning

SCA använder sig av fyra olika uppföljningsmetoder, egenuppföljning, produktionsledarnas gallringsuppföljning, förvaltningens stickprov och centralt stickprov. Dessa uppföljningar skall komplettera varandra för att få rätt uppgifter med god tillförlitlighet (Andersson, 2010). Egenuppföljningen sker på varje gallringstrakt och görs då av maskinförarna. Under dagtid kontrolleras då skador, gallringsuttag, stubbehandling och kalibrering av skördarmätningen (Bylund, 2007). Produktionsledarna gör uppföljningar hos varje gallringsgrupp och detta sker cirka två gånger per kvartal. Kontinuerligt eller i projektform tas ett urval av gallringar ut för att kvalitetssäkra gallringsarbetet på varje förvaltning, detta är uppföljningarna som förvaltningarna gör. Centralt stickprov görs med syfte att stämna av läget beträffande gallringskvalitet inom SCA skog. Resultaten efter de centrala stickproven ligger till grund för de bonusmål för förvaltningarna har (Andersson, 2010).

3. MATERIAL OCH METODER

Utsökningen av bestånd gjordes på SCA:s huvudkontor i Sundsvall. En fältdator av modell Motion med programmet ArcMap användes för att få tillgång till SCA:s register och uppgifter om bestånden. En nedladdning av distrikten Västerbotten och Ångermanland gjordes. Datat från laserskanningen laddades ned till datorn för att även få tillgång till det.

3.1 Bestånd med gjorda uppföljningar

Dokument från uppföljningar gjorda åren 2008 och 2011 fanns i en gemensam mapp på SCA:s server. 33 bestånd hittades och ansågs vara lämplig att använda. Bestånden som ansågs lämpliga var de bestånd med tillräckliga data för att en undersökning skulle kunna göras och för att uppgifter i form av koordinater på provytorna fanns så bestånden kunde hittas i ArcMap. De flesta bestånd av dessa 33 var belägna i Västerbotten. Men 11 av dessa bestånd är belägna i Ångermanland. År 2011 kunde endast tre bestånd i Västerbotten användas till denna undersökning. Dels för att inga fler uppföljningar fanns tillgängliga med tillräckligt mycket data. Men även för att inga uppgifter fanns vart bestånden var belägna i förvaltningen. En övervägning gjordes om dessa tre bestånd skulle tas med i undersökningen. Men efter övervägning så bestämdes det att dessa bestånd skall tas med då dess siffror är mer "färska" än för bestånden med uppföljning från år 2008.

Koordinaterna samlades i ett eget dokument för att sedan skapa en shape fil i ArcCatalog 10,1 som sedan lades in i ArcMap för att kunna se vart provytorna låg. En utsökning på "Utförd avv./hänsyn" gjordes i ArcMap för att hitta gallringar gjorda 2008. Frågan ställdes enligt följande:

```
SLUT_DAT >='2008-01-01 00:00:00' AND SLUT_DAT <= '2008-12-31 00:00:00'  
AND HUGG_FORM = 1
```

Alla utförda gallringar gjorda år 2008 hittades och kunde användas till undersökningen. Provytorna från de uppföljda bestånden tändes i ArcMap och kunde spåras med koordinatsökning. I de 33 bestånd som koordinaterna hittades i undersöktes närmare.

Gallringarna gjordes år 2008 men laserskanningen gjordes mellan 2-6 år efter utförd gallring. Program som INGVAR (Länk A) och ProdMod 2 (Länk B) användes för att räkna tillbaka tillväxter på beståndet dessa år för att se hur beståndet såg ut efter gallring. Detta för att kunna jämföra fältinventeringen med laserskanningens data.

När alla uppgifter som behövs för att räkna i INGVAR och ProdMod inte finns från laserskanningen data var ålder tvunget att tas från beståndsinfot i ArcMap. Stamantal per hektar räknades fram från laserskanningens data och uträkningen gjordes enligt följande:

Radien = DGV/2

Medelstam $m^3sk = R^2 * \pi * HGV * 0,5$

Stamantal per hektar = m^3sk per hektar / Medelstam m^3sk

Övrehöjd behövs i INGVAR för att programmet skall kunna simuleras. Övrehöjdas inte fram av laserskanningen och finns inte i beståndsinfot. Efter diskussion med Magnus Andersson på SCA skog bestämdes att en meters tillägg på HGV i varje bestånd skulle göras för att få fram övrehöjd.

SCA:s gallringsmall har använts för att uppskatta beståndens ståndortsindex.

Sammanställningar gjordes sedan i Excel för att se skillnader och likheter. En hypotesprövning gjordes mellan åren för att se om uppföljningen i fält visar högre resultat än laserskanningens (Bilaga 1, 2, 3).

3.2 Gallrade skogar åren 2011, 2010 och 2009

För att undersöka hur SCA:s gallrade skogar ser ut efter gallring bestämdes det att en ny utsökning skulle göras för att hitta bestånd att undersöka. Eftersom laserskanningen främst är utförd år 2012 och för att kunna få så tillförlitliga siffror bestämdes det att gallringarna skulle vara gjorda endast några år tidigare än skanningen. 2011, 2010 och 2009 blev åren som gallring undersöktes. En utsökning gjordes i ArcMap och ställdes enligt:

```
SLUT_DAT >='20XX-01-01 00:00:00' AND SLUT_DAT <= '20XX-12-31 00:00:00'  
AND HUGG_FORM = 1
```

X:en i utsökningen visar det år gallringarna skulle ha skett. Skulle det exempelvis undersökas utförda gallringar år 2011 skulle X:en då vara 11.

Slumpvis utsågs 30 bestånd lämplig per utsökning och sammanlagt blev det då 90 bestånd. Dessa 90 bestånd spreds ut över hela förvaltningen Västerbotten. Laserskanningen användes för att få uppskatta m^3sk per hektar, DGV, HGV och grundyta. Andra värden som behövdes i INGVAR och ProdMod hämtades från skogsmarksskiktet i ArcMap. ProdMod och INGVAR användes för att räkna tillbaka tillväxten som skett mellan gallring och laserskanningstidpunkt. För att räkna stamantal användes samma formler som ovan.

Med hjälp av laserskanning kan man se om några delar i bestånden inte blivit gallrade av någon anledning. Med verktyget kalkylsökning i ArcMap har bestånden ritats om för att få de rätta värdena i gallringen och inte räkna med delar som inte blivit gallrade av olika orsaker. Detta gjordes även för att se hur mycket areal som lämnas ogallrat i bestånden.

Sammanställningar gjordes i Excel för att få ett resultat om gallringarnas tillstånd (Bilaga 4, 5, 6).

4. RESULTAT

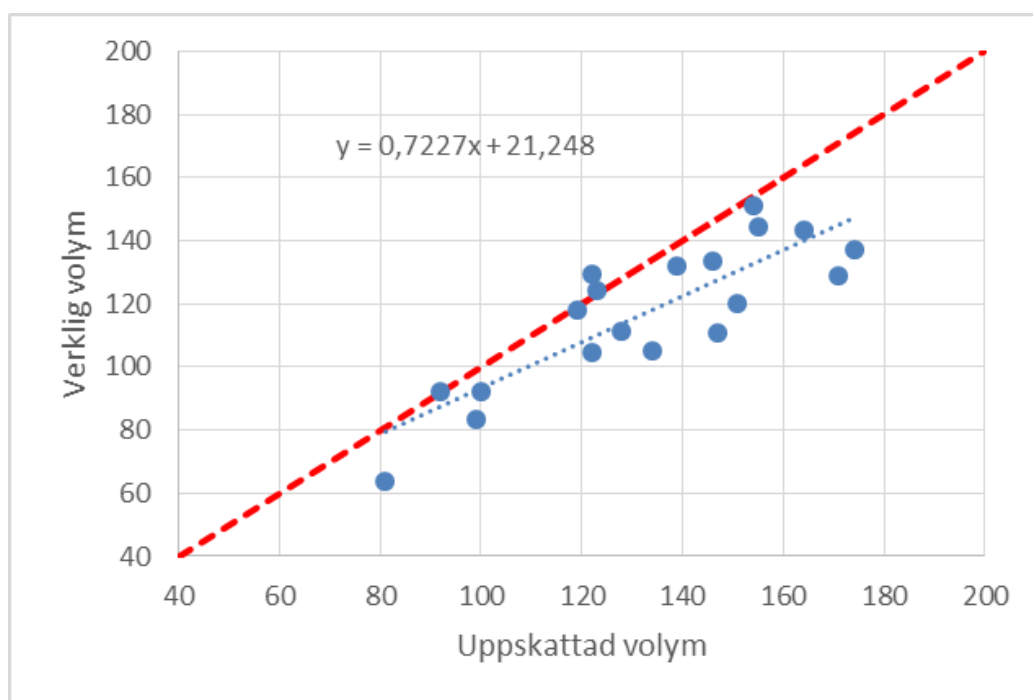
I detta kapitel redovisas resultaten av tidigare gjorda mätningar som beskrevs i material och metoder. Resultatet visar gallringstillståndet efter gallring på SCA skogs egna skogar belägna på förvaltningarna Västerbotten och Ångermanland. Totalt är 123 gallrade trakter undersökta varav 33 av dessa har uppgifter om uppföljningar gjorda i fält som kommer att jämföras med laserskanningens data. Contorta (Pinus contorta) bestånd har räknats som tallbestånd med höjdutvecklingskurva H100.

4.1 Sammanställningar bestånd med uppföljningar

Nedan redovisas resultaten från bestånd med uppföljningar. Resultatet visas i form av diagram och text. I diagrammen har laserskanningens värde setts som det verkliga värdena på bestånden och lagts efter y-axeln. Värdena från uppföljningen i fält ligger efter x-axeln. Visar inventeringsmetoderna samma värden är då $x=y$. Ligger punkterna över $x=y$ linjen underskattar uppföljningen i fält de verkliga värdena. Ligger punkterna under $x=y$ linjen överskattas värdet mot de verkliga värdena.

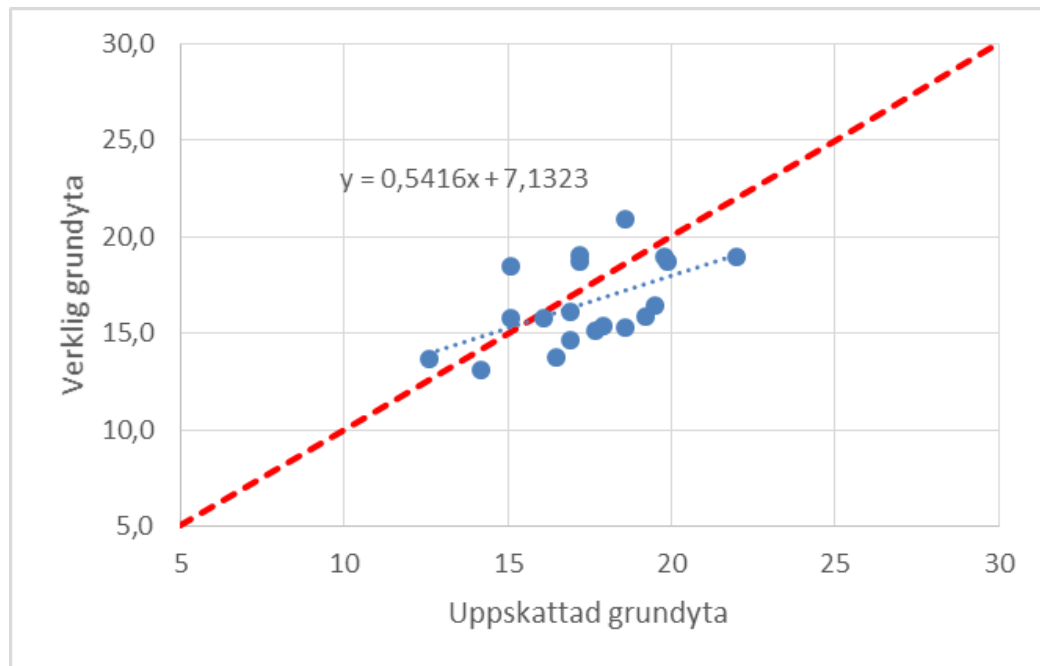
Bestånd med uppföljning gjorda 2008 och 2011

33 bestånd varav 22 i Västerbotten och 11 i Ångermanland slumpades ut och undersöktes för att se skillnader, likheter och om uppföljningen ger samma siffror som laserskanningen som skall vara mer tillförlitlig och ge ett säkrare resultat (Holmgren, 2004). Uppföljningarna är gjorda år 2008 medan skanningen är gjord åren 2010,2011,2012 och 2013.



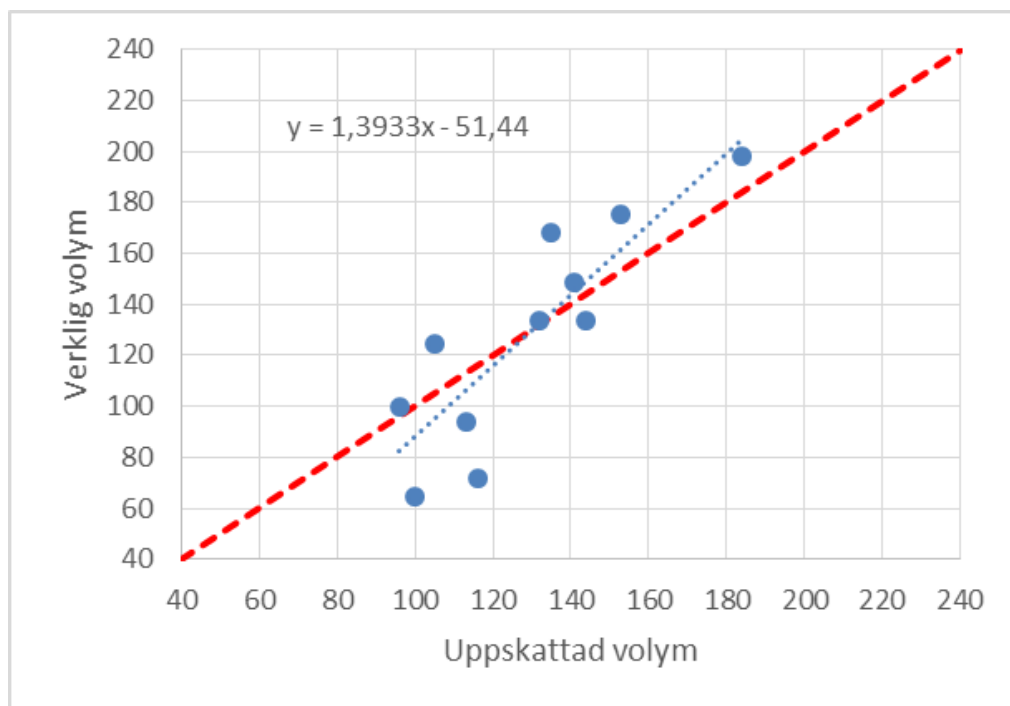
Figur 1. Västerbotten 2008. Uppföljningen i fält överskattar den verkliga volymen.

Figur 1 visar att laserskanningen uppskattade virkesförråd till 117 m³sk per hektar och en standardavvikelse på 22,9 m³sk per hektar. Uppföljningen visade högre värden och hade ett medelvärde på 133 m³sk per hektar och en standardavvikelse på 26,8 m³sk per hektar. Den största skillnaden var på bestånd med avläggsnummer 51568 som hade en differens på 42 m³sk per hektar. I medeltal så visade fältinventeringen 13 % mer än laserskanningen. Uppföljningarna är signifikanta ($p < 3.922$) och hypotesprövningen visar alltså att med 99,9 % säkerhet ligger manuella uppföljningens värde över laserskanningens.



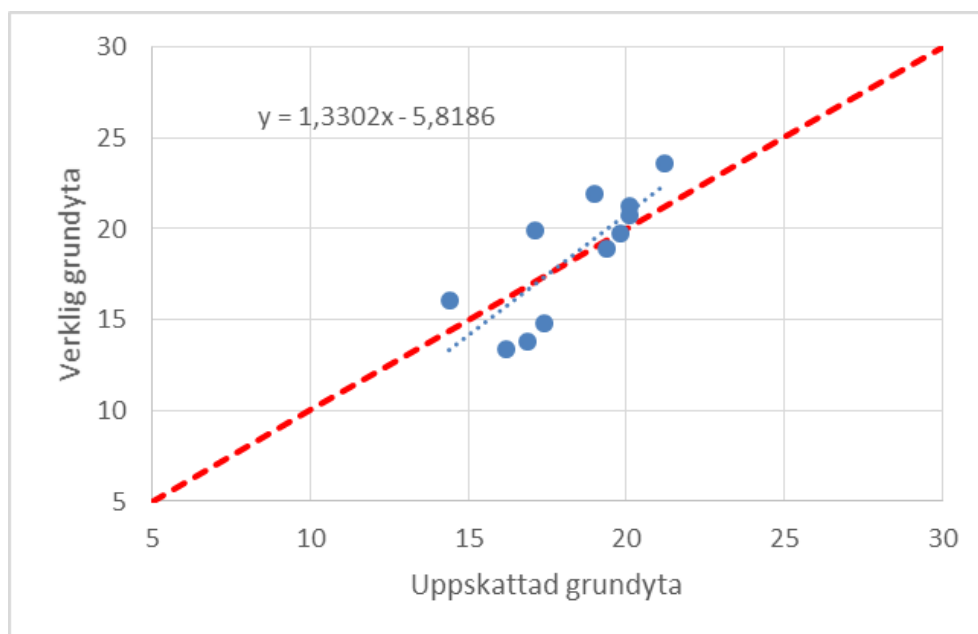
Figur 2. Den uppskattade grundytan har både överskattats och underskattats 2008 i Västerbotten.

Medelvärdet för grundytan 2008 i dessa bestånd var enligt laserskanningen 16,6 m² medan manuella uppföljningen visade på ett medelvärde på 17,4 m². Standardavvikelsen på laserskanningen var 2,21 och för uppföljningen 2,25. Största differensen hade bestånden 52360 och 52428, en differens på 3,3. I medeltal så visade fältinventeringen 5 % mer i grundyta än vad laserskanningen mätte. Hypotesprövning visar att ingen slutsats kan dras, det går inte bevisa att manuell uppföljning visar högre värden än skanningen, finns ingen signifikant skillnad.



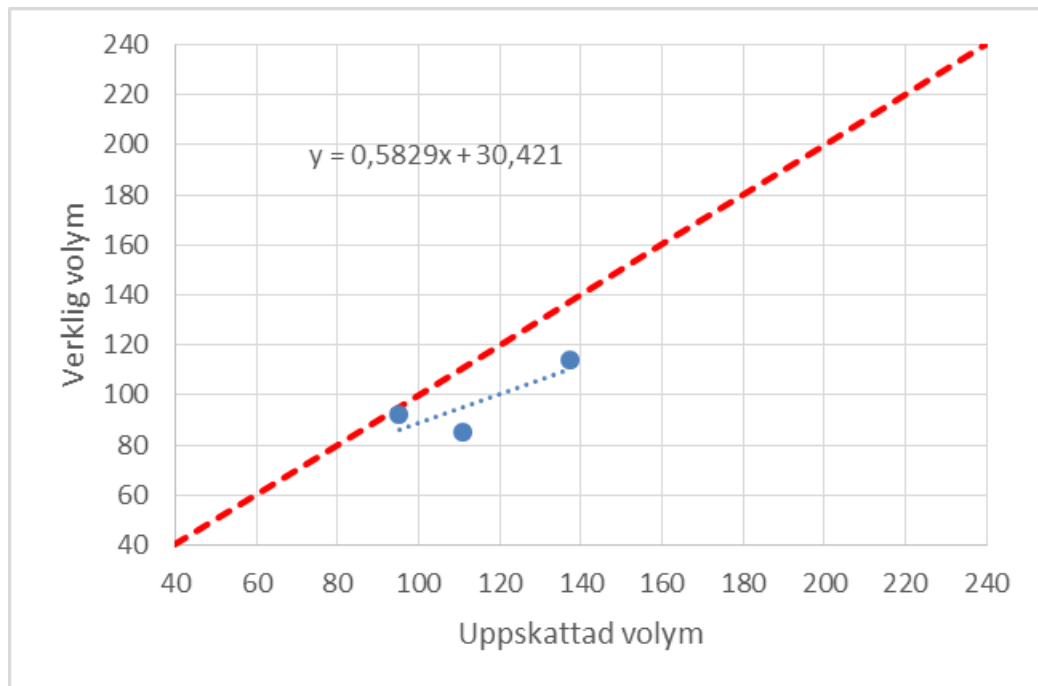
Figur 3. Värdena från den uppskattade volymen stämmer bra överens med den verkliga.

Laserskanningens medelvärde på de 11 bestånden var 128 m³sk per hektar och standardavvikelse var 42,8 m³sk per hektar. Uppföljningarna i fält hade ett medelvärde på 129 m³sk per hektar och en standardavvikelse på 26,4 m³sk per hektar. Största differensen hade bestånd 51425 som hade en differens på 44,5 m³sk per hektar. Mätvärdena i Ångermanland var mer lika än vad värdena i Västerbotten var. I Västerbotten var det endast en skillnad mellan laserskanning och uppföljning i fält på 0,6 % av virkesförrådet. Där uppföljningen i fält visade ett högre värde än laserskanningens. Ingen signifikant skillnad finns mellan de olika mätvärdena visade hypotesprövningen.



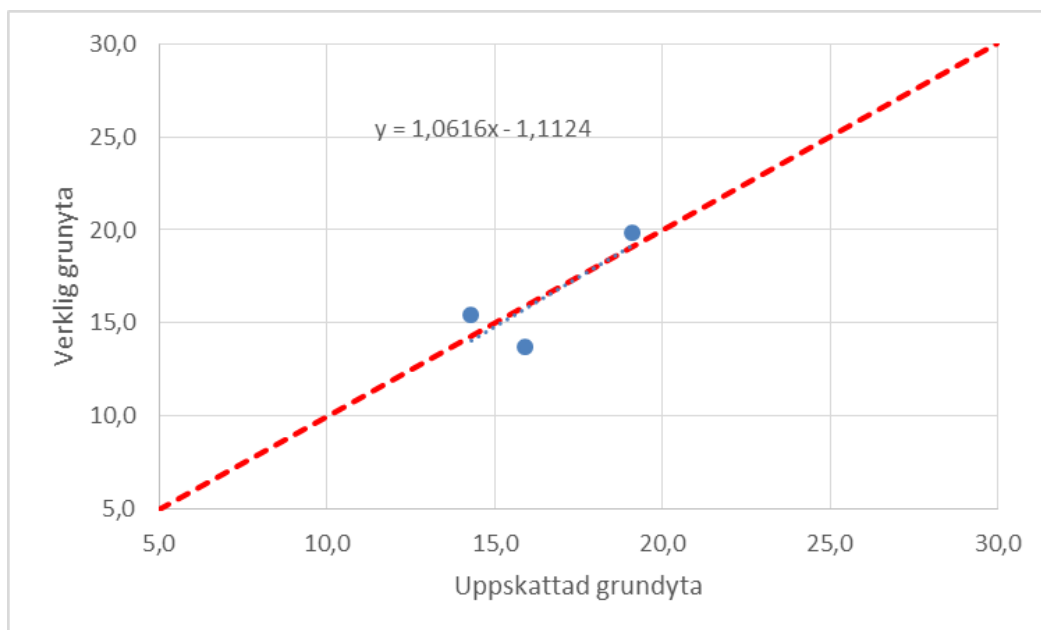
Figur 4. Även grundytan från fältuppföljningen stämmer bra överens med den verkliga grundytan.

Figur 4 visar också de 11 bestånden i Ångermanland som följdes upp år 2008. Medelvärde från laserskanningens uppskattning av grundytan är 19 m^2 medan fältinventeringens siffror visar att grundytan efter gallring var 18 m^2 . Standardavvikelsen från laserskanningen var 3,5 respektive 2,1 för fältinventeringen. Största differensen hade beståndet med avläggsnummer 52141 vars differens var -2,82. Fältinventeringens uppgifter var alltså lägre än laserskanningens, i medeltal 1,3 % lägre. Hypotesprövningen visar att bestånden har en signifikant skillnad, med 99 % säkerhet är fältinventeringens uppgifter lägre än laserskanningens.



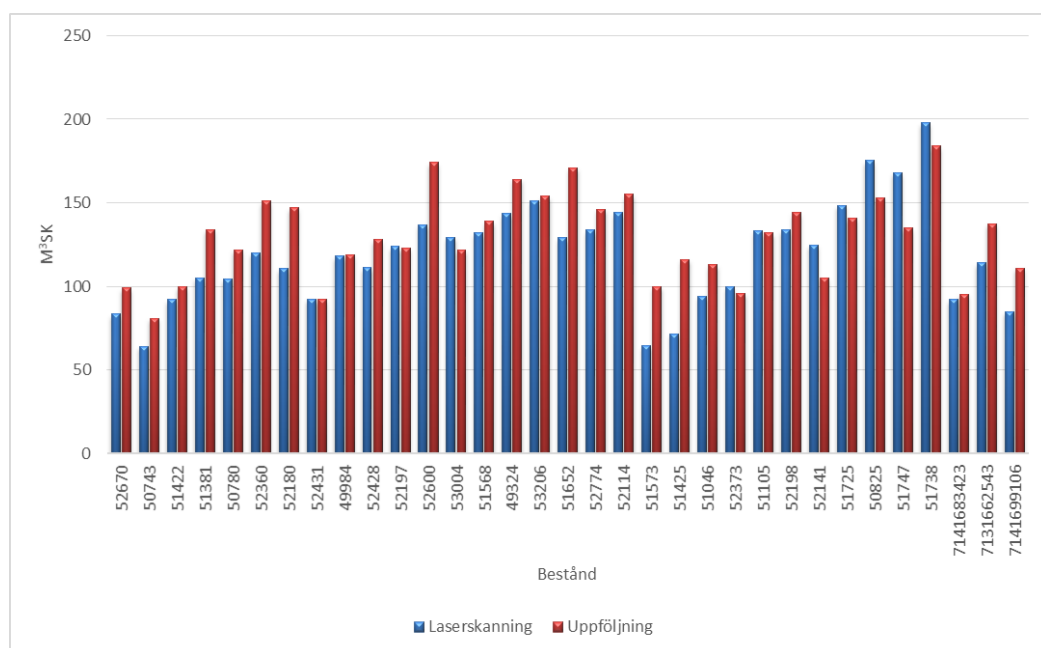
Figur 5. De tre bestånd som undersöktes år 2011 i Västerbotten överskattade volymen.

Tre bestånd från 2011 kunde undersökas med laserskanning och uppföljning från fält. Medelvärde från laserskanningen visar ett medelvärde på $97 \text{ m}^3/\text{sk}$ per hektar med en standardavvikelse på $15,2 \text{ m}^3/\text{sk}$ per hektar. Uppföljningen visar ett medel på $114 \text{ m}^3/\text{sk}$ per hektar och en standardavvikelse på $21,3 \text{ m}^3/\text{sk}$ per hektar. Virkesförrådets värde var 17,8 % mer för uppföljningen i fält än vad laserskanningens värden visade. Hypotesprövningen visar att bestånden inte hade någon signifikant skillnad och inga slutsatser kan dras.

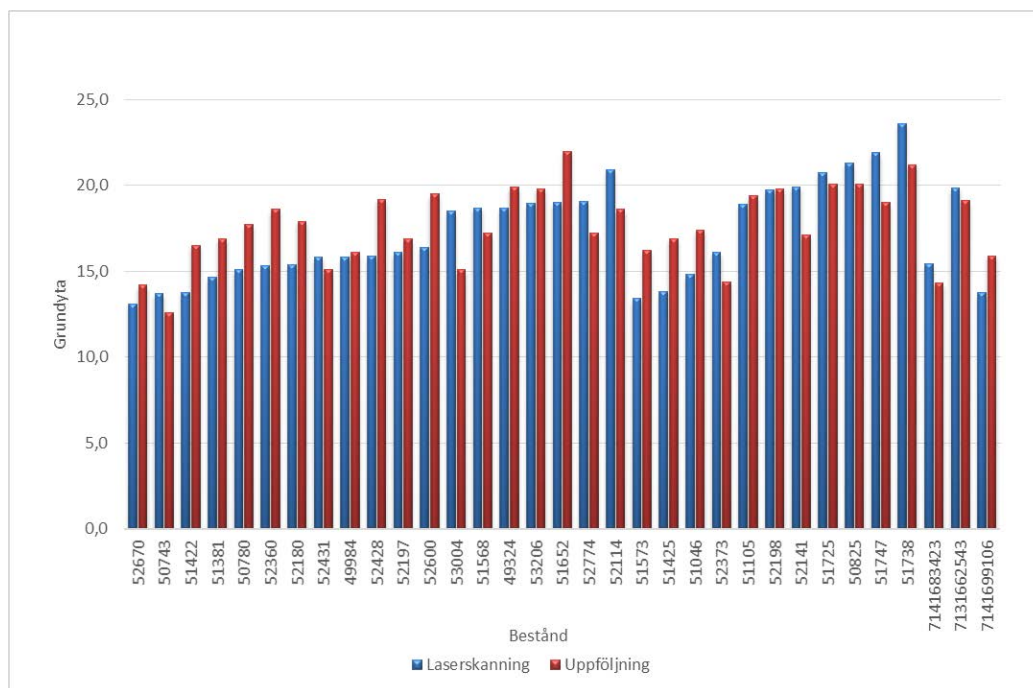


Figur 6. Trendlinjen från uppföljningen i fält följer linjen X=Y.

Laserskanningens medelvärde och standardavvikelse var 16 m² respektive 3,2 2011 i Västerbotten. Uppföljningen visade 16 m² i medelvärde och 2,4 i standardavvikelse. Fältinventeringens uppgifter på grundytan var i medeltal 0,6 % mer än vad laserskanningens uppgifter. Hypotesprövningen visade även här att ingen signifikant skillnad finns.



Figur 7. Alla 33 bestånd som är undersökta i Västerbotten och Ångermanland. Laserskanningens värden är ofta lägre än uppföljningens.



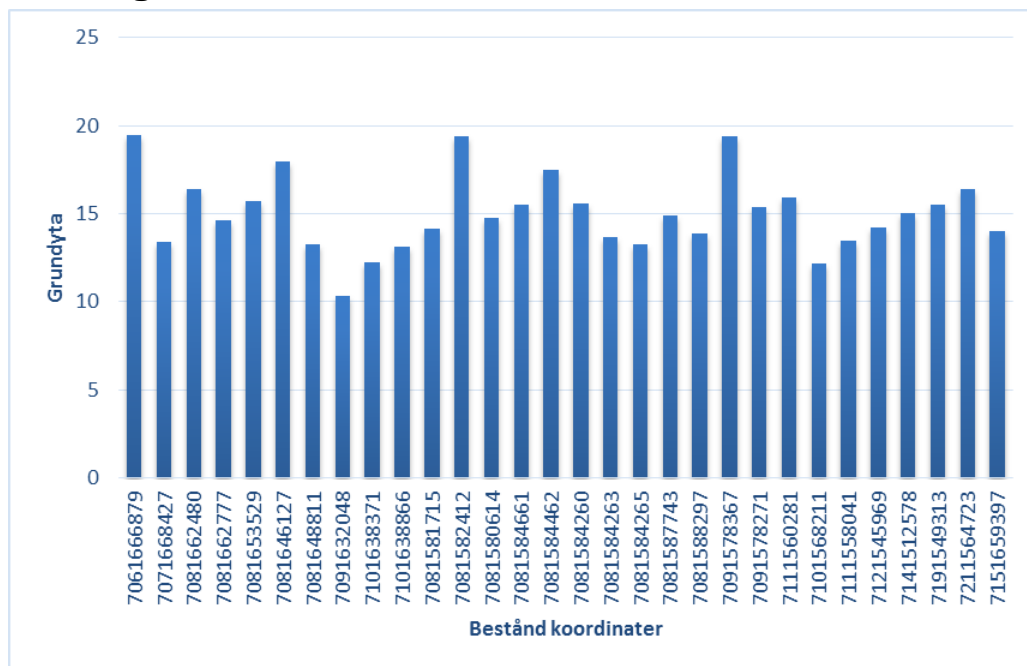
Figur 8. Alla 33 bestånden i Västerbotten och Ångermanland. Figuren visar laserskanningens och uppföljningarnas uppgifter om grundytan.

4.2 Sammanställningar gallrade skogars tillstånd

Nedan presenteras de gallrade skogarnas tillstånd efter gallring. Gallringarna skedde åren 2011, 2010 och 2009 på Västerbottens distrikt. Totalt har 90 bestånd undersökts för att se grundytan, virkesförråd, arealer och tillväxtförluster om det eventuellt gallrats för hårt. Resultatet visas i form av tabeller och text.

30 bestånd per år är undersökta för att se tillståndet efter gallring. Gallringarna skedde som tidigare nämnts åren 2011, 2010 och 2009 men skanningen av bestånden är främst gjord år 2012 men även 2010, 2011 och 2013. Program som INGVAR och ProdMod har använts för att räkna tillbaka tillväxten för att se hur bestånden såg ut just efter gallringen.

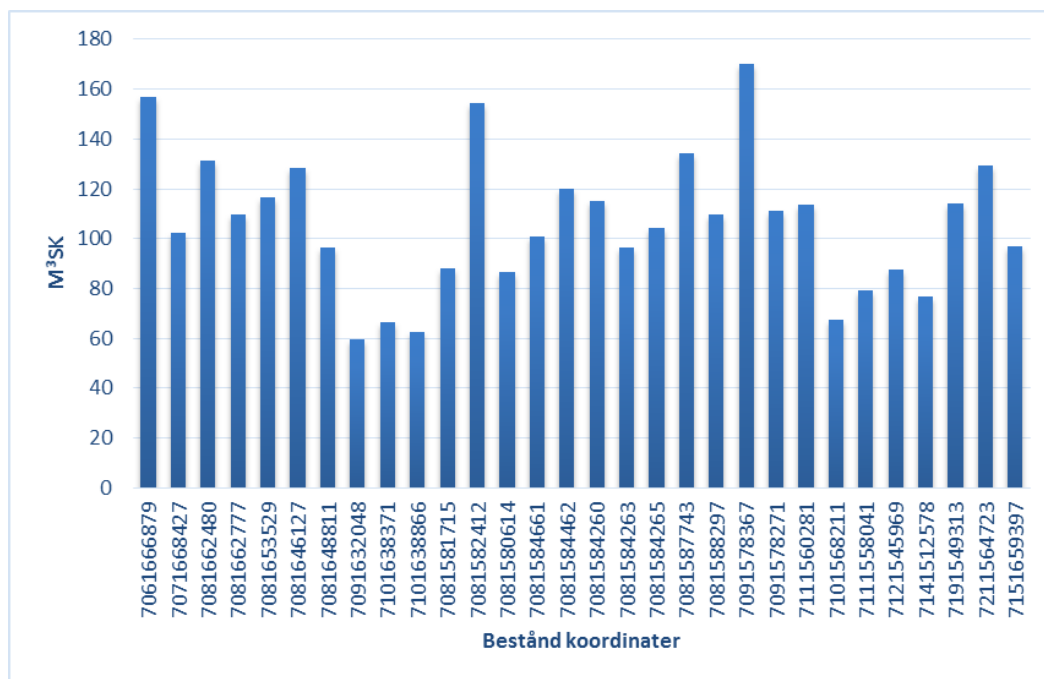
Bestånd gallrade år 2011



Figur 9. Bestånden gallrade år 2011 hade en grunddyta på 15,0 i medelvärde efter gallring.

Grunddytan efter gallring visar ett medelvärde på 15,0 i figur 11. Enligt gallringsmallen är ofta denna siffra något låg och för stort uttag kan ha skett. Tillväxtförluster kommer att drabba bestånden och ekonomin blir inte lika god som ett bestånd med högre grunddyta. Ett bestånd med ståndortsindex T22 och en övrehöjd på 13 meter borde ha en grunddyta på 17 enligt SCA:s gallringsmall.

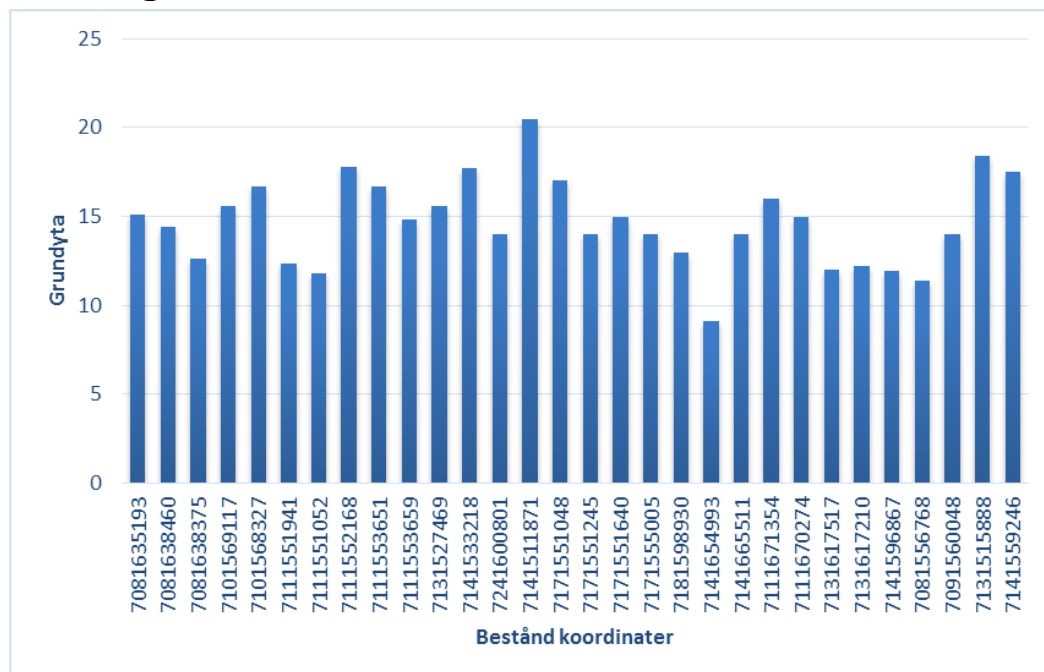
Bestånd 7151659397 hade efter gallring 14 i grunddyta. Beståndet undersöktes i INGVAR (Bilaga 7, 8) och simulerades fram till slutavverkning och skulle då vid uttaget ge 358,2 m³fub per hektar. Om man istället gallrat till en grunddyta på 19 efter gallring hade istället beståndet vid slutavverkning ge ett uttag på 394,4 m³fub per hektar enligt INGVAR. Att gallra till en grunddyta på 19 istället för 14 skulle då medföra att beståndet producerar ca 10 % mer under omloppstiden.



Figur 10. Medelvärde av virkesförråden efter gallring var år 2011 106 m³sk per hektar.

Av dessa 30 bestånd var den totala arealen som var beställd att gallras 459,4 hektar. Men med laserskanningen kunde man se att det totalt blev 445,2 hektar gallrat. Det blev alltså 14,2 hektar, 3 % av totala arealen som inte blev gallrad.

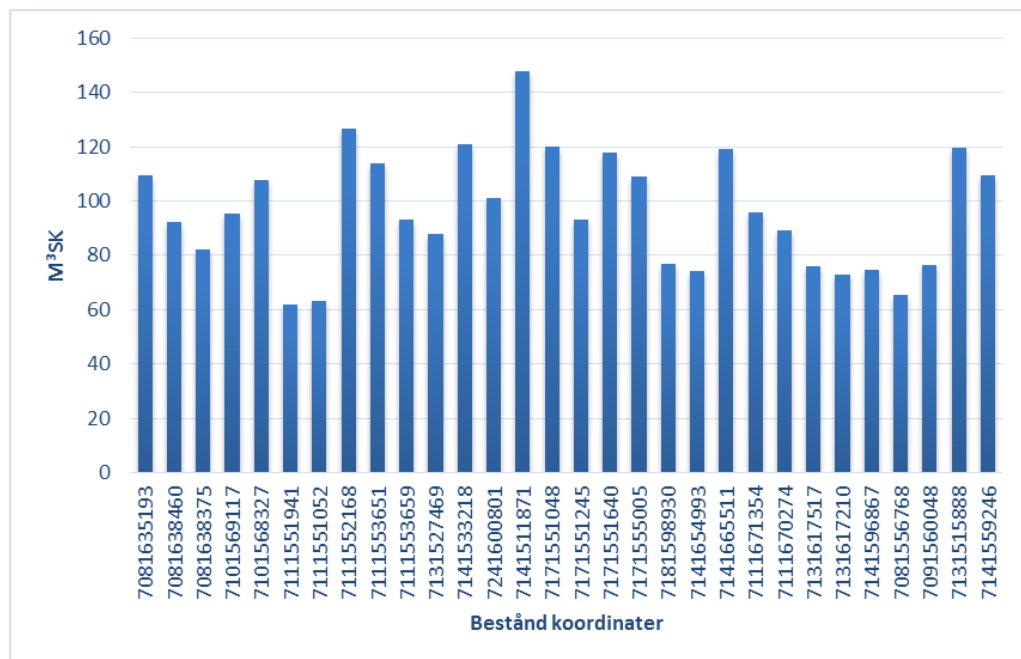
Bestånd gallrade år 2010



Figur 11. Diagrammet visar grundytan på 30 bestånd efter gallring.

Laserskanningen visar att efter gallring hade bestånden en grunddyta på 14,7 i medeltal. Även detta år låg grundytan i medeltal lite lägre gentemot vad gallringsmallen föreslår.

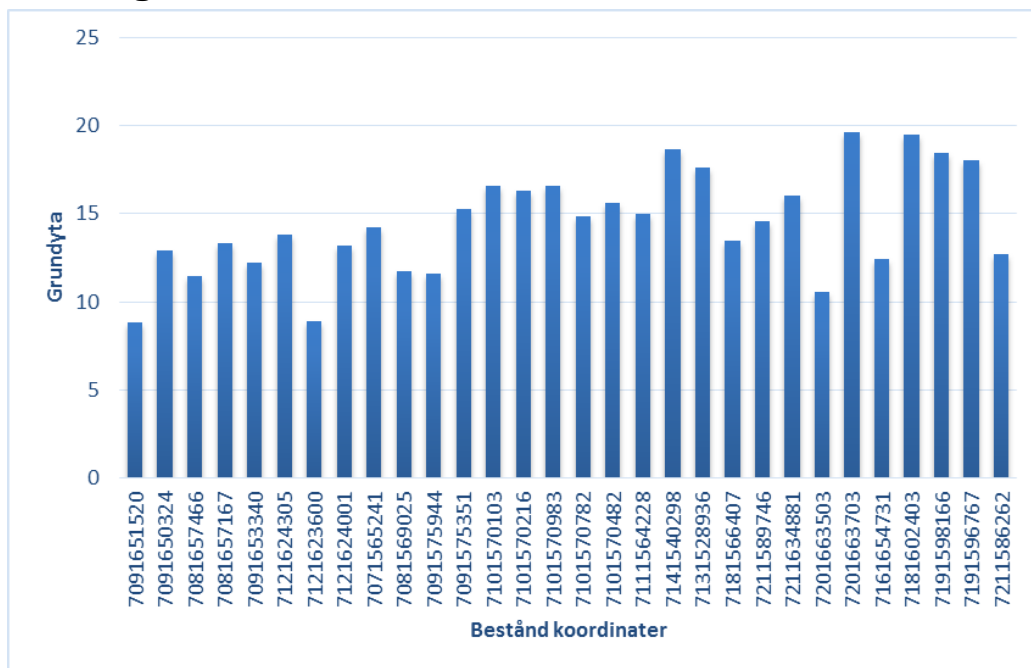
Bestånd 7191598930 jämfördes också i INGVAR (Bilaga 9, 10) för att se vad beståndet hade producerat om gallringen varit lite svagare. De siffror som är i dagsläget matades in i INGVAR och simulerades fram till slutavverkning. INGVAR simulerade att en gallring skall göras innan slutavverkning. Gallringen skulle ge ett uttag på 62,4 m³fub per hektar och gallringen skulle ske när beståndet är 72 år. Slutavverkningen skulle ske vid en ålder på 107 år. Slutavverkningen gav ett uttag på 294,6 m³fub per hektar och totalt gav beståndet då ett sammanlagt uttag på 357,0 m³fub per hektar. Istället för att gallra ned beståndet till en grundyta på 13 så testades en grundyta på 18 i INGVAR för att se vad beståndet skulle tänkas ge för uttag. Även nu föreslog INGVAR att en gallring skulle ske innan slutavverkning. Uttaget vid gallringen var 43,4 m³fub per hektar och gallringen skulle ske vid 57 års ålder. Slutavverkningen skulle enligt INGVAR ge ett uttag på 349,2 m³fub per hektar och skulle vid 107 års ålder. Gallringen och slutavverkningen skulle ge ett sammanlagt uttag på 392,6 m³fub per hektar. Att gallra beståndet till en grundyta på 18 istället för nuvarande 13 så skulle beståndet ge 35,6 m³fub per hektar eller ca 10 % mer under omloppstiden.



Figur 12. Bestånden hade i medel ett virkesförråd på 96 m³sk per hektar efter gallring.

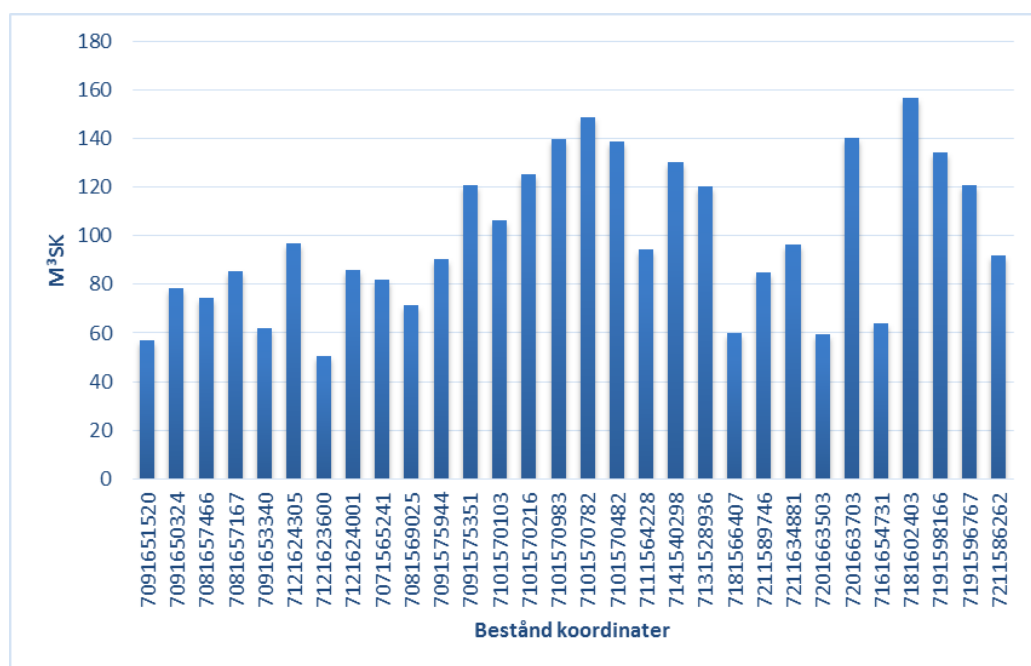
Laserskanningen visade att 590,7 hektar blev gallrat av den totala arealen som var 594,7 hektar, detta motsvarar 0,6 % av totalarealen.

Bestånd gallrade år 2009



Figur 13. Grundytan efter gallring från bestånden undersökta år 2009.

Medelvärdet av grundytan år 2009 var 14,5, även den låg i jämförelse mot gallringsmall.



Figur 14. m³sk per hektar kvar efter gallring.

Efter gallringarna gjorda år 2009 var det i medel ett virkesförråd kvar på 99 m³sk per hektar. Undersökningen visade också att av den totala arealen på 375,8 hektar som skulle gallras lämnades 10,9 hektar, 3 % ogallrat.

INGVAR beräknade att den löpande tillväxten i medel var cirka 6 m³sk per år på alla tre åren. SCA:s egen beståndsinformation visar att tillväxten är något högre,

6,6 m³sk per år. ProdMod visade att tillväxten på grundytan i medel var 0,66 m² för de tre åren som undersöktes.

Av totalt 1 429,8 hektar som var beställt att gallras 2011, 2010 och 2009 gallrades totalt 1 400,8 hektar. Alltså lämnades cirka 2 % av totalarealen ogallrat.

5. DISKUSSION

Examensarbets syfte var att undersöka SCA:s gallrade skogars tillstånd efter gallring med hjälp av laserskanning. Det vill säga uppskatta grundyta och virkesförråd före och efter utförd åtgärd för att se om för stort uttag sker i gallringarna.

Svårigheter i denna rapport har varit att räkna tillbaka tillväxten som skett åren mellan gallring och skanning. Programmen INGVAR och ProdMod har använts för att räkna fram löpande tillväxt och grundytetillväxt.

Bestånd med uppföljningar

Bestånden som gallrades och följdes upp 2008 i Västerbotten visar i hypotesprövningen att med 99,9 % säkerhet så är uppföljningens virkesförråd högre än laserskanningens. Men hypotesprövningen för grundytan samma år visade att ingen slutsats kunde dras att något värde är högre än den andra. Som jag skriver i inledningen av denna rapport under rubriken gallringsstyrka så har grundytan ett direkt samband med virkesförrådet i bestånden. Att virkesförrådet 2008 med 99,9 % säkerhet är högre för uppföljningen än laserskanningen men ändå visar hypotesprövningen att ingen slutsats kan dras att grundytans värde också är högre. Då det är ett direkt sammanband mellan virkesförrådet och grundyta borde även grundytan vara högre.

I resultatet i denna rapport kan man se att uppföljningens värde ofta är högre än laserskanningen. Endast grundytan från resultatet från 2008 i Ångermanland visar att uppföljningen har lägre värde än laserskanningens. Detta är intressant eftersom laserskanning ofta har ett lägre medelvärde av standardavvikelsen (Holmgren, 2004). Om dessa tidigare undersökningar stämmer så överskattas SCA:s skogar lite även om det ibland inte är med mycket och det kan man se i denna rapport.

Ett annat intressant resultat är att grundytan från uppföljningen i Ångermanland 2008 var lägre än laserskanningens. Samma person har gjort dessa fältinventeringar både i Västerbotten och Ångermanland och har en tendens att överskatta värdena i bestånden. Varför just grundytan i Ångermanland var den enda uppskattningen som var lägre än laserskanningens uppskattning kan bero på att när provytor till fältinventeringen slumpats ut så hamnade de på icke representativa platser i bestånden och värdena blev lägre.

Gallrade bestånd år 2011, 2010 och 2009

En rapport skriven av Andersson m.fl. 2011 visar att uttagen ofta är för stora i SCA:s gallringar, tills stor del beroende på att grundytan överskattas innan gallring. Resultatet av detta blir att grundytan gallras ned till för låga värden och tillväxtförluster sker. Resultatet från denna rapport visar densamma. Grundytan är alla åren för låga enligt gallringsmallen.

De bestånd som undersöktes i INGVAR vad som hade hänt om man gallrat beståndet till en annan lämpligare grundyta visar att stora tillväxtförluster sker. Inte bara tillväxt går förlorad vid för hård gallring, även träd med bra kvalitet som skulle ge en god avkastning vid slutavverkning förloras. Undersökningen antyder att stora tillväxtförluster görs. Men jag tror att INGVAR överskattar virkesförråden då det blir väldigt högt. Dock kan man se att skillnaden blir stor mellan låg och hög grundyta.

När uttagen blir stora kommer det att öka riskerna för stormskador. Att öppna upp ett bestånd så pass mycket gör att vinden kommer färdas lätt i beståndet och ta med sig många träd ned. Jag tror att detta kan vara en anledning till att stormen Hilde som drabbade Norrland hösten 2013 medförde så stora skador. Hade bestånden varit gallrade till en bättre grundyta kanske bestånden klarat sig bättre. SCA skriver i "Så här ska Du gallra" (2010) att all gödslingsvärd skog skall gödslas. Dessa två faktorer med låg grundyta och gödslade skogar tillsammans tror jag hade en stor påverkan på den stora arealen stormfälld skog efter Hilde.

Den gallrade arealen förvånade mig i denna undersökning. Jag trodde att det skulle vara en större skillnad att mer areal skulle lämnas ogallrat än vad det gjordes i denna undersökning, att större arealer skulle lämnas i hänsyn eller i branter där det inte går att gallra.

Slutsats och framtida forskning

Uppföljningen och laserskanningens siffror stämmer rätt så bra överens med varandra även om uppföljningar i fält visar något högre siffror. Endast i enstaka fall så är det stor skillnad mellan metoderna. Att stora skillnaderna uppstår kan bero på att medelfelet på standardavvikelsen på fältuppföljning är större än laserskanningens. Jag tror att laserskanningen träffade värdena bra medan uppföljningen fick ett extremvärde tack vara den större standardavvikelsen och därför visar vissa bestånd mer.

Denna undersökning antyder att för högt uttag sker vid gallring på SCA:s skogar och resultatet blir låg grundyta, öppna bestånd som blir känsliga för vind och tillväxtförluster. Med hjälp av laserdata kommer gallringarna i framtiden att bli bättre när man får en mer korrekt siffra på grundytan innan gallring. Att man kan använda sig av laserskanningen och undersöka grundytan innan gallring gör det lättare att veta hur stort uttag det kan göras utan att beståndet gallras för hårt. När man också kan se hur bestånden skiljer sig åt kan man med hjälp av laserdata se innan gallring att till exempel vissa delar i bestånd kanske egentligen hör till grannbeståndet och inte behöver gallras. Detta sparar tid och pengar att inte behöva gallra delar som inte har något gallringsbehov. Alltså kan laserdata även användas till förplaneringen av gallringen och inte bara till uppföljning.

Varför bestånden gallrade år 2008 i medel har högre grundyta än bestånden gallrade år 2011, 2010 och 2009 tror jag beror på att mindre sampel har tagits ut. Hade fler bestånd hittats att undersöka skulle mest troligt grundytan bli lägre.

Ett framtida problem är att laserskanning blir "gammal" direkt planet passerat över området. Metoder för att använda laserskanning som grunddata och sedan använda sig av tillväxtfunktioner behövs för att datat skall vara aktuellt i framtiden.

Möjliga felkällor

Men om dessa siffror är exakta med beståndens riktiga värde är osäkert. Bästa möjliga scenario hade varit om skanning skett direkt efter gallring så att inget tillväxtår måste medräknas. Mer korrekta siffror hade då funnits och resultatet hade blivit säkrare.

En annan möjlig felkälla är stamantalet som behövs i INGVAR. Från laserskanningen får man inte fram stamantalet per hektar. I uträkningen antogs ett formtal på 0,5. Detta ger en uppskattning av stamantalet men är inte säkert det verkliga stamantalet per hektar.

Även att en meter har tillagts på HGV för att få övrehöjd är en felkälla som måste nämnas.

Till framtida forskning tycker jag att man ska ta ut ett större sampel och undersöka fältinventeringar mer. Nu undersöktes 33 bestånd men ett större sampel hade visat ett säkrare resultat. Även försöka hitta uppföljningar gjorda samma år eller endast en till tre år gamla uppföljningar för att inte behöva använda tillväxt som är simulerade fram i ProdMod och INGVAR som inte behöver vara den verkliga tillväxten bestånden har haft.

6. SAMMANFATTNING

Syftet med denna undersökning är att undersöka SCA Skog AB:s skogars tillstånd efter gallring. Kvalitén på gallringar har stor betydelse på framtida produktion och för stort uttag kan skapa stora tillväxtförluster. Med hjälp av laserskanning visar undersökningen kvalitén på de gallrade skogarna inom SCA:s förvaltningar Västerbotten och Ångermanland. I undersökningen redovisas också data från fältuppföljningar som jämförs mot laserskanningens siffror och på så vis se hur stora skillnaderna är. Några av de bestånd där för stort uttag skett undersöks noggrannare och de eventuella tillväxtförluster som sker i bestånden beräknas.

Utsökningen av bestånd gjordes på SCA:s huvudkontor i Sundsvall. En fältdator av modell Motion med laserdata och programmet ArcMap användes för att få tillgång till SCA:s register och uppgifter om bestånden. Förvaltningarna Västerbotten och Ångermanland laddades ned och utsökningar gjordes för att hitta lämpliga bestånd. Program som INGVAR och ProdMod har använts för att beräkna tillväxt, uttag och möjligheter.

33 bestånd med uppföljningar gallrades och uppföljdes åren 2008 och 2011. 22 bestånd i Västerbotten varav 3 bestånd år 2011. Resterande 11 finns belägna i Ångermanland. Skanning av bestånden skedde 2-6 år efter gallring så programmen ProdMod och INGVAR fick användas för att räkna tillbaka den tillväxt som skett dessa år.

I resultatet visas det att ofta har uppföljning i fält ett högre värde än laserskanningen. Virkesförråden var i medeltal 13 %, 0,6 % och 17,8 % högre för fältinventeringen än för laserskanningen. Grundytan var inte alltid högre för fältinventeringen. Grundytan var i medeltal 5 % högre för fältinventeringen i Västerbotten 2011, 0,6 % högre i Västerbotten 2011. Men i Ångermanland var istället laserskanningens uppskattning av grundytans värde högre, fältuppföljningen var i medeltal 1,3 % lägre.

Utöver bestånden med uppföljning undersöktes också 90 bestånd i Västerbotten hur dess tillstånd efter gallring var. Resultatet visar att grundytan ofta var för låg efter gallring, ett för stort uttag har alltså skett. Bestånden gallrades åren 2011, 2010 och 2010. Grundytan var dessa år i medeltal efter gallring 15,0, 14,7, och 14,5.

Av totalt 1 429,8 hektar som var beställt att gallras åren 2011, 2010 och 2009 gallrades totalt 1 400,8 hektar. Alltså lämnades cirka 2 % av totalarealen ogallrat.

Två bestånd där låg grundyta blev följden av för hård gallring undersöktes i INGVAR. Resultaten visar att stora tillväxtförluster sker. Ett av de undersökta bestånden hade en grundyta på 13 efter gallring. Skulle beståndet istället gallrats ned till en grundyta på 18 efter gallring hade beståndet gett ett större uttag under omloppstiden på 35.6 M³fub per hektar.

7. REFERENSLISTA

7.1 Publikationer

Agestam, E. (2009). *Skogsskötselserien – Gallring*. Skogsstyrelsen.

Andersson, M. (2010). *Rätt Gallrat*. SCA SKOG.

Andersson, M., Einarsson, R., Gemmel, A., & Lestander, R. (2011). *Gallringsuppföljning 2011*. SCA SKOG.

Brethvad, T. & Iversen E.H. (2012). *Nyindelning av Bergvik Skog*. COWI SKOGSINVENTERING

Bylund, A. (2007). *En analys av SCA Skog AB's metod för egenuppföljning av gallringar*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten).

Christiansen, L. (2013). *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Holmgren, J. (2004). *Prediction of tree height, basal area and stem volume in forest stands using airborne laser scanning*. Umeå: Department of forest resource management and geomatics.

Kallur Jäderkvist, K. & Lysell, G. (2014). *Nyhetsbrev Höjd och Bild*. Gävle: Lantmäteriet.

Lageson, H. (1997). *Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences.

Lindberg, E. & Holmgren, J. (2014). *Fakta Skog*. SLU, Fakulteten för skogsvetenskap.

Lysell, G. (2010). *Ny Nationell Höjdmodell*. Gävle: Lantmäteriet. (Rapport / Lantmäteriet, 2010:4).

Naesset, E. (2001). *Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data*. Ås: Department of Forest Sciences, Agriculture University of Norway.

Naesset, E., Gobakken, T., Holmgren, J., Hyypä, H., Hyypä, J., Maltamo, M., Nilsson, M., Olsson, H., Persson, Å. & Söderman, U. (2004). *Laser scanning of forest resources: the nordic experience*, Scandinavian Journal of Forest Research, 19:6, 482-499.

Nordkvist, K. & Olsson, H. (2013). *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, 2013: 338).

SCA SKOG (2010). *Så här ska Du gallra*. Sundsvall: SCA SKOG.

SCA SKOG (2014) *PLUS Gallring*. Sundsvall: SCA SKOG.

Wallentin, C. (2007). *Thinning of Norway spruce. Alnarp: Swedish University of Agriculture Sciences*. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Sydsvensk Skogsvetenskap, 2007:29).

Wehr, A. (2009). *LiDAR systems and calibration, Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing* (J. Shan and C.K. Toth, editors), CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida.

7.2 Internetdokument

Länk A:

Skogforsk (2014). Gallra med INGVAR. [Online] Tillgänglig:

<http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Gallra-med-INGVAR/> [2015-02-09]

Länk B:

Skogforsk (2012). ProdMod. [Online] Tillgänglig:

<http://www.kunskapdirekt.se/sv/kunskapdirekt/Alla-Verktyg/ProdMod/> [2015-02-24]

8. BILAGOR

Bilaga 1	Bestånd med uppföljningar 2008 Västerbotten med hypotesprövning	sida 35
Bilaga 2	Bestånd med uppföljningar 2008 Ångermanland med hypotesprövning	sida 36
Bilaga 3	Bestånd med uppföljningar 2011 Västerbotten med hypotesprövning	sida 37
Bilaga 4	Data från undersökta gallringar 2011 Västerbotten	sida 38
Bilaga 5	Data från undersökta gallringar 2010 Västerbotten	sida 39
Bilaga 6	Data från undersökta gallringar 2009 Västerbotten	sida 40
Bilaga 7	Bestånd 7151659397 i INGVAR – nuläget	sida 41
Bilaga 8	Bestånd 7151659397 i INGVAR – förbättrad	sida 42
Bilaga 9	Bestånd 7191598930 i INGVAR – nuläget	sida 43
Bilaga 10	Bestånd 7191598930 i INGVAR – förbättrad	sida 44

Bilaga 1

Västerbotten 2008								
Skillnad per bestånd					Skillnad GY			
m3sk								
Avläggsnummer	Laser	Uppföljning	Differans			Laser	Uppföljning	Differans
49324	144	164	20,5		49324	18,7	19,9	1,2
49984	118	119	1		49984	15,8	16,1	0,3
50780	105	122	17,5		50780	15,1	17,7	2,6
50743	64	81	17		50743	13,7	12,6	-1,1
51381	105	134	28,8		51381	14,7	16,9	2,2
51422	92	100	7,8		51422	13,8	16,5	2,7
51568	132	139	7		51568	18,7	17,2	-1,5
51652	129	171	42		51652	19,0	22	3,0
52114	144	155	10,8		52114	20,9	18,6	-2,3
52180	111	147	36,4		52180	15,4	17,9	2,5
52197	124	123	-1		52197	16,1	16,9	0,8
52360	120	151	31		52360	15,3	18,6	3,3
52428	111	128	16,9		52428	15,9	19,2	3,3
52600	137	174	37		52600	16,4	19,5	3,1
53004	130	122	-7,5		53004	18,5	15,1	-3,4
52431	92	92	-0,4		52431	15,8	15,1	-0,7
53206	151	154	2,8		53206	18,9	19,8	0,9
52774	134	146	12,2		52774	19,0	17,2	-1,8
52670	84	99	15,5		52670	13,1	14,2	1,1
	Laser	Uppföljning			Laser	Uppföljning		
Medelvärde:	117	133	13%		16,6	17,4	5%	
Standardavv:	22,9	26,8			2,21	2,25		
Antal i sampel:	19	19			19	19		
Medelvärde diff:	15,5				Medelvärde diff:	0,9		
standardavv diff:	14,2				standardavv diff:	2,1		
n:	19				n:	19		
H ₀ : $\mu_D = 0$					H ₀ : $\mu_D = 0$			
H ₁ : $\mu_D \neq 0$					H ₁ : $\mu_D \neq 0$			
Finns ingen signifikant skillnad					Finns ingen signifikant skillnad			
Formel 5.1.2					Formel 5.1.2			
t=	4,763				t=	1,756		
5%	2,101				5%	2,101		
1%	2,878				1%	2,878		
0,1%	3,922				0,1%	3,922		
Med 99,9 % säkerhet ger uppföljningen en för hög uppskattning av virkesförådet					H0 accepteras går ej att bevisa nån skillnad			

Ångermanland 2008							
Skillnad per bestånd m3sk				Skillnad gy			
	Laser	Uppföljning	diff	laser	Uppföljning	diff	
50825	175,2	153	-22,2	21,28	20,1	-1,18	
51046	94	113	19	14,8	17,4	2,6	
51105	133,4	132	-1,4	18,88	19,4	0,52	
51425	71,5	116	44,5	13,8	16,9	3,1	
51573	64,5	100	35,5	13,4	16,2	2,8	
51725	148,4	141	-7,4	20,76	20,1	-0,66	
51738	197,8	184	-13,8	23,6	21,2	-2,4	
51747	168	135	-33	21,9	19	-2,9	
52373	100	96	-4	16,1	14,4	-1,7	
52198	133,6	144	10,4	19,72	19,8	0,08	
52141	124,8	105	-19,8	19,92	17,1	-2,82	
	Laser	Uppföljning		Laser	Uppföljning		
Medelvärde:	128	129	0,6%	19	18	-1,3%	
Standardavv:	42,8	26,4		3,5	2,1		
Antal i sampel:	11	11		11	11		
Medelvärde diff: 0,709091				Medelvärde diff: -0,232727			
standardavv diff: 24,37451				standardavv diff: 2,2523636			
n: 11				n: 11			
$H_0: \mu_D = 0$				$H_0: \mu_D = 0$			
$H_1: \mu_D \neq 0$				$H_1: \mu_D \neq 0$			
Finns ingen signifikant skillnad				Finns ingen signifikant skillnad			
Formel 5.1.2				Formel 5.1.2			
t= 0,096486				t= -0,342693			
5% 2,228				5% 2,228			
1% 3,169				1% 3,169			
0,1% 4,587				0,1% 4,587			
H0 accepteras går ej att bevisa någon skillnad				Med 99 % säkerhet är uppföljningens värde lägre än laserskanningens.			

[illegible]

Bilaga 4

X	Y	ÅR/skillnad	Avdrag m3sk/ha	M3sk/ha efter gallring	Grundytetillväxt	Grundyta efter gallring	
2011							
7066827	1667933	1	5,9	157,1	0,54	19,46	7061666879
7078405	1662771	1	5,6	102,4	0,6	13,4	7071668427
7082465	1668088	2	11,6	131,4	0,8	16,4	7081662480
7082784	1667738	2	11,2	109,8	0,68	14,64	7081662777
7083508	1652957	2	11,2	116,8	0,64	15,72	7081653529
7086145	1642702	1	8,5	128,5	0,64	17,96	7081646127
7088841	1641175	1	6,4	96,6	0,76	13,24	7081648811
7092090	1634876	2	7,6	59,4	0,42	10,36	7091632048
7108300	1637174	1	7,7	66,3	0,76	12,24	7101638371
7108895	1636600	1	7,5	62,5	0,86	13,14	7101638866
7081726	1581582	1	6,9	88,1	0,84	14,16	7081581715
7082428	1581215	1	4,8	154,2	0,58	19,42	7081582412
7080653	1581452	2	18,4	86,6	1,12	14,76	7081580614
7084604	1586190	2	11	101	0,76	15,48	7081584661
7084435	1586255	2	9,8	120,2	0,5	17,5	7081584462
7084214	1586096	2	11	115	0,72	15,56	7081584260
7084234	1586335	2	11,8	96,2	0,68	13,64	7081584263
7084295	1586580	2	11,6	104,4	0,66	13,28	7081584265
7087737	1584367	1	4,9	134,1	0,52	14,88	7081587743
7088255	1589779	2	9,4	109,6	0,6	13,9	7081588297
7098335	1576718	1	4,8	170,2	0,62	19,38	7091578367
7098250	1577108	1	5,6	111,4	0,66	15,34	7091578271
7110210	1568131	2	11,2	113,8	0,64	15,92	7111560281
7108278	1561167	2	16,6	67,4	0,9	12,2	7101568211
7118038	1554184	2	13	79	0,82	13,46	7111558041
7125955	1546954	2	15,4	87,6	0,9	14,2	7121545969
7142580	1517882	2	17,2	76,8	0,94	15,02	7141512578
7199395	1541382	1	4,7	114,3	0,48	15,52	7191549313
7214762	1562361	2	7,6	129,4	0,3	16,4	7211564723
7159381	1659775	0	0	97	0,72	14	7151659397
				106		15,0	

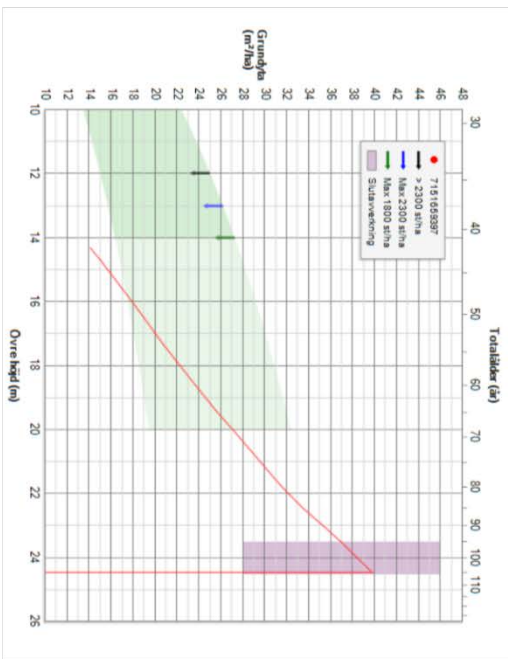
Bilaga 5

X	Y	ÅR/skillnad	Avdrag m3sk/ha	M3sk/ha efter gallring	Grundytetillväxt	Grundyta efter gallring	
2010							
7085125	1639360	2	10,4	109,6	0,44	15,12	7081635193
7088470	1636004	3	13,8	92,2	0,52	14,44	7081638460
7088393	1637574	2	19	82	1,18	12,64	7081638375
7109148	1561718	3	20,7	95,3	0,8	15,6	7101569117
7108336	1562784	3	22,5	107,5	0,76	16,72	7101568327
7111916	1554113	3	24	62	0,88	12,36	7111551941
7111078	1555282	3	21,9	63,1	0,74	11,78	7111551052
7112121	1556810	3	16,2	126,8	0,54	17,78	7111552168
7113692	1555110	3	18,3	113,7	0,78	16,66	7111553651
7113630	1555933	3	18,9	93,1	0,72	14,84	7111553659
7137440	1526991	3	22,2	87,8	0,8	15,6	7131527469
7143298	1531847	3	15,9	121,1	0,66	17,72	7141533218
7240897	1600117	0	0	101	0,4	14	7241600801
7141893	1517145	4	18	148	0,36	20,46	7141511871
7171047	1554802	0	0	120	0,58	17	7171551048
7171210	1554537	0	0	93	0,4	14	7171551245
7171606	1554062	0	0	118	0,6	15	7171551640
7175054	1550516	0	0	109	0,38	14	7171555005
7188927	1593001	0	0	77	0,7	13	7181598930
7144983	1659323	3	9,9	74,1	0,3	9,1	7141654993
7145547	1661171	0	0	119	0,32	14	7141665511
7111313	1675439	0	0	96	1,06	16	7111671354
7110218	1677491	0	0	89	1,18	15	7111670274
7137576	1611743	3	12,9	76,1	0,54	11,98	7131617517
7137251	1611063	3	15	73	0,6	12,2	7131617210
7146802	1596785	2	9,4	74,6	0,54	11,92	7141596867
7086744	1556879	3	24,6	65,4	0,88	11,36	7081556768
7090023	1564835	3	25,8	76,2	1	14	7091560048
7135876	1518877	4	23,6	119,4	0,64	18,44	7131515888
7149231	1554605	2	13,4	109,6	0,74	17,52	7141559246
				96		14,7	

Bilaga 6

X	Y	ÅR/skillnad	Avdrag m3sk/ha	M3sk/ha efter gallring	Grundytetillväxt	Grundyta efter gallring	
2009							
7091581	1652019	3	10,2	56,8	0,4	8,8	7091651520
7090319	1652408	3	26,4	78,6	1,02	12,94	7091650324
7087447	1656643	3	24,6	74,4	0,84	11,48	7081657466
7087103	1656754	3	28,8	85,2	0,88	13,36	7081657167
7093385	1654076	3	30	62	1,26	12,22	7091653340
7124310	1620556	4	13,2	96,8	0,3	13,8	7121624305
7123622	1620008	3	9,3	50,7	0,36	8,92	7121623600
7124095	1620104	3	9	86	0,36	13,22	7121624001
7075244	1564124	4	27,2	81,8	0,7	14,2	7071565241
7089052	1562549	3	26,4	71,6	0,92	11,74	7081569025
7095903	1574427	3	12,6	90,4	0,46	11,62	7091575944
7095375	1575127	3	12,3	120,7	0,4	15,3	7091575351
7100135	1570336	3	14,7	106,3	0,48	16,56	7101570103
7100241	1571602	4	25,6	125,4	0,64	16,34	7101570216
7100958	1578399	3	15	140	0,48	16,56	7101570983
7100751	1578230	3	11,1	148,9	0,38	14,86	7101570782
7100436	1578242	3	13,2	138,8	0,5	15,6	7101570482
7114277	1562836	3	19,5	94,5	0,66	15,02	7111564228
7140298	1549822	3	13,5	130,5	0,44	18,68	7141540298
7138900	1523645	4	20,4	120,6	0,6	17,6	7131528936
7186477	1560737	5	31	60	0,7	13,5	7181566407
7219783	1584609	5	25	85	0,48	14,6	7211589746
7214877	1638142	1	7,6	96,4	0,94	16,06	7211634881
7203590	1660334	1	3,6	59,4	0,42	10,58	7201663503
7203777	1660389	1	4,6	140,4	0,46	19,64	7201663703
7164751	1653146	4	29,2	63,8	0,9	12,4	7161654731
7182423	1600396	1	4,2	156,8	0,48	19,52	7181602403
7198128	1596634	1	4,8	134,2	0,54	18,46	7191598166
7196776	1596795	1	9,3	120,7	0,96	18,04	7191596767
7216273	1586200	4	21,2	91,8	0,58	12,68	7211586262
				99		14,5	

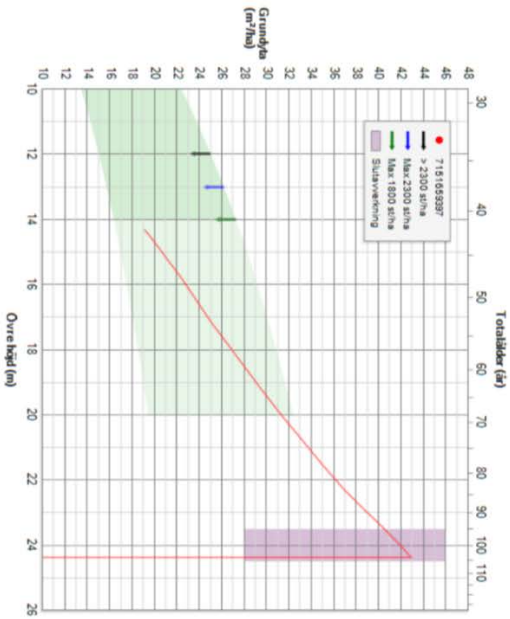
Bestånd	
Latitud (°)	64.5
Altitud (m)	375
<i>Trädslagsblandning</i>	
- Andel tall (%)	100
- Andel gran (%)	
- Andel löv (%)	
Ståndortsindex	T24
Totalålder (år)	42
Övre höjd (m)	14,3
Grundyta (m ² /ha)	14
Stamantal (st/ha)	551
Diameter (cm)	19,1
Tidigare gallrat	Ja



Resultat - Uttag		
Totalålder (år)	105	Summa
Volym (m ³ tub/ha)	358,2	358,2
Medelstam (m ³ tub/stam)	0,721	
Diameter, dgk (cm)	32,5	
Andel uttag i mellanzon (%)	100,0	
Stamantal (st/ha)	497	497
Stam mellan stickvägar (st/ha)	497	497
Stam mellan stickvägar (%)	100,0	

Bestånd

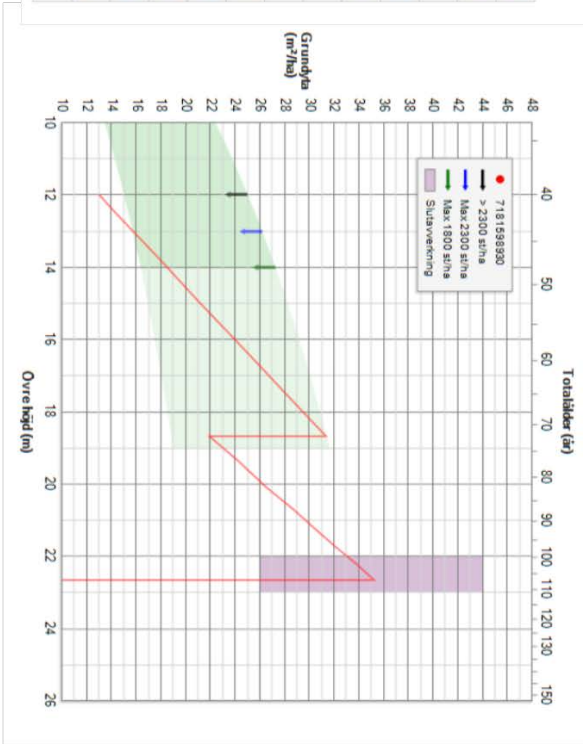
Latitud (°)	64,5
Altitud (m)	375
Trädslagsblandning	
- Andel tall (%)	100
- Andel gran (%)	
- Andel löv (%)	
Ståndortsindex	T24
Totalålder (år)	42
Övre höjd (m)	14,3
Grundyta (m²/ha)	19
Stamantal (st/ha)	525
Diameter (cm)	22,6
Tidigare gallrat	Ja



Resultat - Uttag

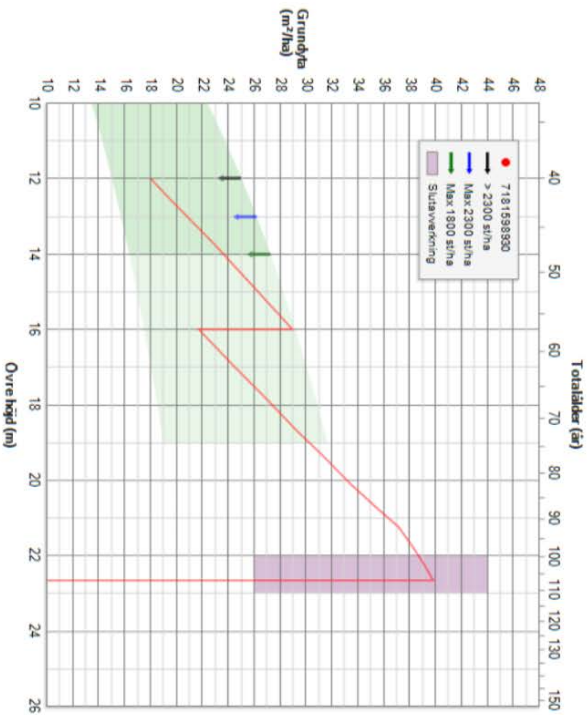
Totalålder (år)	104	Summa
Volym (m³tub/ha)	394,4	394,4
Medelstam (m³tub/stam)	0,841	
Diameter, dgvr (cm)	34,5	
Andel uttag i mellanzon (%)	100,0	
Stamantal (st/ha)	470	470
Stam mellan stickvägar (st/ha)	470	470
Stam mellan stickvägar (%)	100,0	

Bestånd	
Latitud (°)	64,5
Altitud (m)	375
Trädslagsblandning	
- Andel tall (%)	90
- Andel gran (%)	10
- Andel löv (%)	
Ståndortsindex	T22
Totalålder (år)	40
Övre höjd (m)	12,0
Grundyta (m²/ha)	13
Stamantal (st/ha)	859
Diameter (cm)	14,9
Tidigare gallrat	Ja



Resultat - Uttag			
Totalålder (år)	72	107	Summa
Volym (m³ub/ha)	62,4	294,6	357,0
Medelstam (m³ub/stam)	0,257	0,561	
Diameter, dg (cm)	23,2	30,1	
Andel uttag i mellanzon (%)	100,0	100,0	
Stamantal (st/ha)	242	525	767
Stam mellan stickvägar (st/ha)	242	525	767
Stam mellan stickvägar (%)	29,7	100,0	

Bestånd	
Latitud (°)	64,5
Altitud (m)	375
<i>Trädslagsblandning</i>	
- Andel tall (%)	90
- Andel gran (%)	10
- Andel löv (%)	
Ståndortsindex	T22
Totalålder (år)	40
Övre höjd (m)	12,0
Grundyta (m²/ha)	18
Stamantal (st/ha)	828
Diameter (cm)	17,7
Tidigare gallrat	Ja



Resultat - Uttag			
Totalålder (år)	57	107	Summa
Volym (m³ub/ha)	43,4	349,2	392,6
Medelstam (m³ub/stam)	0,173	0,741	
Diameter, dg (cm)	19,7	33,4	
Andel uttag i mellanzon (%)	100,0	100,0	
Stamantal (st/ha)	250	471	721
Stam mellan stickvägar (st/ha)	250	471	721
Stam mellan stickvägar (%)	30,9	100,0	